

**Étude d'une architecture STI  
pour le Canada**

**Préparé pour le**

**Centre de développement des transports  
Transports Canada**

**par**

**D. Sims, T. De Silva, et K. Bebenek  
IBI Group**

**Mai 1999**

---

Les opinions et les vues exprimées dans ce rapport sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre de développement des transports ou de Transports Canada.

This report is also available in English under the title *Review of ITS Architecture within the Canadian Context*, TP 13544E.



## FORMULE DE DONNÉES POUR PUBLICATION

1. N° de la publication de Transports Canada <b>TP 13544F</b>	2. N° de l'étude <b>9618</b>	3. N° de catalogue du destinataire		
4. Titre et sous-titre <b>Étude d'une architecture STI pour le Canada</b>		5. Date de la publication <b>Mai 1999</b>		
		6. N° de document de l'organisme exécutant		
7. Auteur(s) <b>D. Sims, T. De Silva, et K. Bebenek</b>		8. N° de dossier - Transports Canada <b>ZCD2450-D-451-18</b>		
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant <b>IBI Group 230 Richmond Street West, 5<sup>th</sup> Floor Toronto, Ontario M5V 1V6</b>		10. N° de dossier - TPSGC <b>XSD-6-02737</b>		
		11. N° de contrat - TPSGC ou Transports Canada <b>T8200-6-6575/003/XSD</b>		
12. Nom et adresse de l'organisme parrain <b>Centre de développement des transports (CDT) 800, boul. René-Lévesque Ouest Bureau 600 Montréal (Québec) H3B 1X9</b>		13. Genre de publication et période visée <b>Final</b>		
		14. Agent de projet <b>Brian Marshall</b>		
15. Remarques additionnelles (programmes de financement, titres de publications connexes, etc.) <b>Également disponible en anglais : <i>Review of ITS Architecture within the Canadian Context</i>, TP 13544E</b>				
16. Résumé  Ce document examine l'état de la situation des systèmes de transports intelligents (STI) au Canada, en ce qui a trait aux responsabilités institutionnelles, aux capacités industrielles, à la mise en œuvre des systèmes et à l'élaboration de normes. Il évalue également, d'un point de vue canadien, l'architecture nationale STI mise au point aux États-Unis, et définit le cadre d'intervention de Transports Canada dans la mise au point et l'instauration de l'architecture STI la plus efficace qui soit pour le Canada.  Après une analyse de la question, les chercheurs cernent les grands enjeux à prendre en compte dans la mise au point d'une architecture STI pour le Canada. Voici les thèmes sur lesquels porte leur analyse :  <ul style="list-style-type: none"> <li>• cadre de développement de l'architecture nationale STI adoptée aux États-Unis;</li> <li>• contexte environnemental et industriel canadien;</li> <li>• normes canadiennes et américaines en vigueur;</li> <li>• initiatives en cours au Canada et aux États-Unis;</li> <li>• produits et services STI canadiens.</li> </ul> Le rapport recommande de fonder largement l'architecture STI canadienne sur les programmes américains, de façon à garantir l'interopérabilité des systèmes. Il recommande en outre une harmonisation des programmes à l'échelle internationale, afin de maximiser la compétitivité du Canada sur le marché mondial. Il souligne toutefois la nécessité de tenir compte des caractéristiques qui font du Canada un cas singulier, soit la dispersion de sa population, les exigences linguistiques et les conditions climatiques extrêmes. La dissemblance entre les infrastructures de communications et les cadres organisationnels du Canada et des États-Unis sont également des facteurs à considérer. Le rapport comporte un plan d'action pour la mise au point d'une architecture STI canadienne.				
17. Mots clés <b>Systèmes de transports intelligents (STI), architecture STI, normes canadiennes</b>	18. Diffusion  Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires. Courriel : <a href="mailto:tdccdt@tc.gc.ca">tdccdt@tc.gc.ca</a>			
19. Classification de sécurité (de cette publication) <b>Non classifiée</b>	20. Classification de sécurité (de cette page) <b>Non classifiée</b>	21. Déclassification (date) <b>—</b>	22. Nombre de pages <b>xii, 42, ann.</b>	23. Prix <b>Port et manutention</b>

1. Transport Canada Publication No. TP 13544F	2. Project No. 9618	3. Recipient's Catalogue No.		
4. Title and Subtitle Étude d'une architecture STI pour le Canada		5. Publication Date May 1999		
		6. Performing Organization Document No.		
7. Author(s) D. Sims, T. De Silva, and K. Bebenek		8. Transport Canada File No. ZCD2450-D-451-18		
9. Performing Organization Name and Address IBI Group 230 Richmond Street West, 5 <sup>th</sup> Floor Toronto, Ontario M5V 1V6		10. PWGSC File No. XSD-6-02737		
		11. PWGSC or Transport Canada Contract No. T8200-6-6575/003/XSD		
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre (TDC) 800 René Lévesque Blvd. West Suite 600 Montreal, Quebec H3B 1X9		13. Type of Publication and Period Covered Final		
		14. Project Officer Brian Marshall		
15. Supplementary Notes (Funding programs, titles of related publications, etc.) Also available in English: <i>Review of ITS Architecture within the Canadian Context</i> , TP 13544E				
16. Abstract  This document outlines Canadian institutional responsibilities, industrial capabilities, system deployment, and standards development related to intelligent transportation systems (ITS). It also assesses the U.S. National ITS Architecture from a Canadian perspective and provides a basis for Transport Canada to determine its role in the development and implementation of the most effective ITS architecture for Canada.  The report identifies key issues for consideration in the development of a Canadian ITS architecture, based on an analysis of the following factors: <ul style="list-style-type: none"><li>• the development of the existing U.S. National ITS Architecture</li><li>• the Canadian environmental and industrial context</li><li>• current U.S. and Canadian standards</li><li>• current U.S. and Canadian initiatives</li><li>• Canadian ITS products and services</li></ul> The report recommends that Canadian ITS architecture largely reflect U.S. programs, to ensure cross-border compatibility. Consistency with international programs is also recommended, to maximize Canada's competitiveness in the international marketplace. However, Canada's special characteristics, such as population dispersion, language requirements, and environmental extremes, should be taken into account. Variances in U.S. and Canadian communications infrastructures and organizational frameworks are also important considerations. The report includes an action plan for development of a Canadian ITS architecture.				
17. Key Words Intelligent transportation systems (ITS), ITS architecture, Canadian standards		18. Distribution Statement Limited number of copies available from the Transportation Development Centre E-mail: <a href="mailto:tdccdt@tc.gc.ca">tdccdt@tc.gc.ca</a>		
19. Security Classification (of this publication) Unclassified	20. Security Classification (of this page) Unclassified	21. Declassification (date) —	22. No. of Pages xii, 42, apps	23. Price Shipping/ Handling

## SOMMAIRE

Les systèmes de transports intelligents (STI) font appel aux technologies de pointe pour optimiser la sécurité et l'efficacité du réseau de transport de surface. Pour garantir la compatibilité entre les diverses applications STI, il est impératif de disposer d'une architecture de système qui définit un cadre pour l'intégration et la mise en oeuvre coordonnée de ces technologies par les organismes publics et privés. L'architecture de système définit les fonctions et les flux d'information caractérisant les composants d'un système STI, qui se conjuguent pour atteindre les buts globaux fixés au système.

Aux États-Unis, la Federal Highway Administration (FHWA) a mis au point une architecture nationale STI (*U.S. National ITS Architecture*) dont voici les éléments constitutifs :

- l'architecture logique, qui définit les processus fonctionnels et les flux d'information nécessaires pour appuyer les services d'usager STI;
- l'architecture physique, qui définit les divers sous-systèmes correspondant aux principales entités (voyageur, centre de contrôle, route, véhicule);
- une série de produits-programmes (*market package*) pour la mise en oeuvre des STI;
- une série de normes en voie d'élaboration.

Il n'existe pas encore de pendant canadien à l'architecture nationale STI des États-Unis. Sont présentement exploitées au Canada diverses applications STI, représentant toutes les catégories de services, mais surtout la catégorie Gestion des déplacements et des transports (*Travel and Transportation Management*). Le secteur canadien des STI est très présent sur la scène mondiale, où son expertise se déploie au niveau de certaines technologies de base, comme les systèmes d'information géographique, les afficheurs, les capteurs, les matériels et logiciels d'intégration de systèmes, et les systèmes de navigation. Les Canadiens participent également à divers comités internationaux de normalisation dans le domaine des STI. Il est important que le Canada établisse sa propre architecture nationale, à la fois pour promouvoir la mise en place des STI au Canada et pour soutenir le secteur canadien des STI.

Il est logique que l'architecture canadienne soit largement calquée sur l'architecture américaine, avec des adaptations pour tenir compte de la situation particulière du Canada, car la compatibilité et l'interconnectabilité des projets STI canadiens et américains sont dans le plus grand intérêt de notre pays. L'architecture canadienne doit aussi refléter les objectifs du gouvernement fédéral, qui sont d'établir un réseau de transport «transparent» à la grandeur du Canada et sur les corridors nord-sud, y compris les passages frontaliers vers les États-Unis. Enfin, l'industrie canadienne a tout intérêt à ce que l'architecture nationale canadienne soit harmonisée avec l'architecture américaine et celle des autres pays : il en va de sa capacité concurrentielle sur les marchés internationaux.

Le Canada possède un certain nombre de traits distinctifs qui empêchent d'importer telle quelle au Canada l'architecture STI américaine :

- **facteurs géographiques** – dispersion de la population, exigence de bilinguisme, conditions environnementales extrêmes, diversité des réglementations;
- **infrastructure STI existante** – tels les programmes de gestion de la circulation autoroutière en place dans les zones métropolitaines de Toronto et de Montréal;
- **infrastructure de communications** – écarts entre les États-Unis et le Canada quant à l'attribution du spectre des radiofréquences;
- **cadre institutionnel/organisationnel** – différences entre le Canada et les États-Unis en ce qui a trait aux rôles des organismes gouvernementaux et des agences de transport, et aux rapports qu'ils entretiennent;

- **financement** – subventions importantes du gouvernement central américain au développement et à la mise en place des STI aux États-Unis.

Voici les étapes que devrait comporter le plan d'action pour l'élaboration d'une architecture STI canadienne :

- élaborer un énoncé de vision pour la mise en place des STI au Canada;
- confirmer les définitions pertinentes de l'architecture nationale STI;
- examiner les enjeux;
- élaborer des solutions de rechange;
- analyser les solutions;
- formuler des recommandations quant à des adaptations régionales de l'architecture STI;
- élaborer des architectures STI régionales pour le Canada;
- définir les rôles/responsabilités;
- élaborer des plans de mise en oeuvre/financement.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>APERÇU DE L'ARCHITECTURE NATIONALE STI DES ÉTATS-UNIS .....</b>	<b>1</b>
1.1	Introduction .....	1
1.2	Qu'est-ce qu'une architecture de système STI?.....	1
1.3	Élaboration de l'architecture nationale STI des États-Unis .....	1
1.4	Architecture logique .....	4
1.5	Architecture physique.....	4
1.5.1	Modèle des systèmes ouverts .....	6
1.5.2	Communications par câbles.....	8
1.5.3	Communications sans fil .....	8
1.6	Normes .....	9
1.7	Initiatives en cours aux États-Unis .....	10
1.7.1	Normes essentielles .....	10
1.7.2	Guide de conformité .....	11
1.7.3	Architecture régionale .....	12
<b>2</b>	<b>EXAMEN DES STI DANS LE CONTEXTE CANADIEN .....</b>	<b>13</b>
2.1	Introduction .....	13
2.2	Fournisseurs de services de transport .....	13
2.3	Produits et services STI existants .....	13
2.3.1	Gestion des déplacements et des transports.....	16
2.3.2	Paiement électronique .....	16
2.3.3	Gestion des transports publics .....	17
2.3.4	Opérations de véhicules commerciaux .....	17
2.3.5	Gestion de la demande de transport.....	17
2.3.6	Gestion des urgences .....	17
2.3.7	Systèmes avancés de sécurité et de contrôle des véhicules .....	17
2.4	Produits et services STI canadiens .....	17
2.5	Participation du Canada aux activités de normalisation .....	19
<b>3</b>	<b>ENJEUX RELIÉS À L'ARCHITECTURE STI .....</b>	<b>23</b>
3.1	Survol des enjeux reliés à une architecture nationale STI canadienne .....	23
3.2	Examen des enjeux reliés à une architecture STI canadienne .....	24
3.2.1	Caractéristiques du système canadien de transport de surface .....	24
3.2.1.1	Enjeux linguistiques .....	24
3.2.1.2	Enjeux environnementaux .....	26
3.2.1.3	Législation .....	26
3.2.2	Adéquation de l'infrastructure existante à l'architecture STI .....	27
3.2.3	Infrastructure de communication .....	28
3.2.3.1	Principes de base .....	28
3.2.3.2	Buts de l'architecture de communication .....	29
3.2.3.3	Enjeux reliés à la mise en place des STI au Canada .....	29
3.2.3.4	Enjeux institutionnels .....	33
3.2.4	Intervenants .....	34
3.2.5	Financement .....	36

3.3	Architecture nationale STI canadienne.....	38
3.3.1	Examen d'une variante d'architecture .....	38
3.4	Enjeux à examiner plus avant.....	38
3.4.1	Situation canadienne.....	39
3.4.2	Institutions .....	39
3.4.3	Communications.....	39
3.5	Étapes vers l'élaboration d'une architecture STI canadienne.....	40
4	CONCLUSION .....	41
Annexe A	Ouvrages de référence sur les STI	
Annexe B	Aperçu des documents sur l'architecture STI des États-Unis	
Annexe C	Répertoire d'initiatives STI	
Annexe D	Étude comparative COMPASS/Architecture STI des États-Unis	
Annexe E	Aperçu de Bluetooth	

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1-1 : Cadre conceptuel de l'architecture nationale STI .....	2
Figure 1-2 : Aperçu de l'architecture nationale STI .....	4
Figure 1-3 : Architecture nationale STI – Architecture logique générale simplifiée.....	5
Figure 1-4 : Architecture nationale STI – Architecture physique.....	5
Figure 1-5 : Architecture nationale STI – Aperçu des communications.....	6
Figure 1-6 : Modèle générique de communication hiérarchique .....	7
Figure 1-7 : Champ d'application de l'architecture nationale STI.....	9
Figure 2-1 : Nombre d'applications STI canadiennes par province .....	15
Figure 2-2 : Initiatives STI canadiennes par catégorie de services.....	15
Figure 2-3 : Rapports avantages/coûts associés aux STI pour des applications sélectionnées.....	16
Figure 2-4 : Prévisions de chiffres de vente annuels de produits et services STI au Canada .....	18
Figure 3-1 : Montants accordés par le gouvernement fédéral américain au titre de projets de R&D et de mise en œuvre touchant les STI.....	37
Figure 3-2 : Projet de variante d'architecture .....	38

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1-1 : Groupes de travail du comité technique ISO/TC204 .....	10
Tableau 1-2 : Architecture nationale STI – Liste provisoire de normes essentielles .....	11
Tableau 2-1 : Rôles et responsabilités de chaque catégorie de fournisseurs de services de transport .....	13
Tableau 2-2 : Comparaison des secteurs d'applications STI-SRI et des catégories de services STI – É.-U. ....	14
Tableau 2-3 : Groupes de travail du comité technique ISO/TC204 .....	19
Tableau 2-4 : Travaux du NTCIP .....	20
Tableau 2-5 : Travaux de l'IEEE.....	20
Tableau 3-1 : Plan d'action proposé .....	35



## GLOSSAIRE

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ACDI	Agence canadienne de développement international
ACTU	Association canadienne du transport urbain
ALÉNA	Accord de libre-échange nord-américain
AMCR	Accès multiple par code de répartition
AMRT	Accès multiple par répartition dans le temps
APTS	Systèmes avancés de transport en commun (Advanced Public Transportation Systems)
ASTM	American Society for Testing and Materials (États-Unis)
ATC	Association des transports du Canada
ATIS	Systèmes avancés d'information des voyageurs (Advanced Traveller Information System)
ATMS	Systèmes avancés de gestion de la circulation (Advanced Traffic Management Systems)
CCC	Consortium canadien en matière de carrières
CDCD	Communications dédiées courte distance
CDCE	Codage à détection et correction d'erreurs
CDT	Centre de développement des transports (Transports Canada)
CEMA	Consumer Electronics Manufacturers Association (États-Unis)
CEN	Comité européen de normalisation
CNRC	Conseil national de recherches du Canada
COMPASS	Système de gestion de la circulation autoroutière (Ontario)
CRAD	Chef Recherche et développement (DN) (Chief Research and Development)
CRC	Code à redondance cyclique
CRC	Centre de recherche sur les communications
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
CRTC	Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes
CSCE	Société canadienne de génie civil (Canadian Society for Civil Engineering)
CVISN	Commercial Vehicle Information Systems and Networks
CVO	Opérations de véhicules commerciaux (Commercial Vehicle Operations)
DAB	Radiodiffusion numérique (Digital Audio Broadcasting)
DARC	Canal radio de données (Data Radio Channel)
DOT	Department of Transportation (États-Unis)
EED	Entrée dictionnaire de données
ETC	Electronic Toll Collection
ETR	Express Toll Route
FCC	Federal Communications Commission (États-Unis)
FHWA	Federal Highway Administration (États-Unis)
FTA	Federal Transit Administration (États-Unis)
GPS	Système de positionnement global (Global Positioning System)
HELP	Plaques d'immatriculation électroniques pour véhicules lourds (Heavy Vehicle Electronic Licence Plate)
IBOC	In-Band On-Channel (États-Unis)

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (États-Unis)
IP	Protocole Internet (Internet Protocol)
ISO	Organisation internationale de normalisation
ISTEA	Intermodal Surface Transportation Efficiency Act
ITE	Institute of Transportation Engineers (États-Unis)
ITIIS	Protocole international d'échange d'information routière embarquée (International Travel Information Interchange Standards)
IVHS	Systèmes intelligents véhicule-route – SIVR (Intelligent Vehicle-Highway Systems)
LAV	Localisation automatique des véhicules
LTS	Loi sur les transports au Canada
MAECI	Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NHSTA	National Highway Traffic Safety Administration (États-Unis)
NPP	Plan national de programme STI (National ITS Program Plan)
NTCIP	National Transportation Communications for ITS Protocol
OSI	Interconnexion de systèmes ouverts (Open Systems Interconnection)
PARI	Programme d'aide à la recherche industrielle
PMV	Panneaux à messages variables
PTC	Partenariat technologique Canada
RDS	Radio Data Service
SAE	Society of Automotive Engineers
SCC	Comité de coordination des normes (Standards Co-ordinating Committee)
SCOOT	Système adapté de contrôle des feux de circulation (Adaptive traffic signal control system)
SCP	Services de communications personnelles
SEE	Société pour l'expansion des exportations
SGCA	Système de gestion de la circulation autoroutière
SIG	Systèmes de renseignement géographique (Geographical Information System)
SNA	(IBM) Systems Network Architecture
SONET	Réseau optique synchrone (Synchronous optical network)
STI	Systèmes de transports intelligents
STIC	Canal d'information routière à sous porteuse (Subcarrier Traffic Information Channel)
TC	Transports Canada
TEA	Transportation Equity Act (États-Unis)
TICS	Comité technique sur les systèmes de commande et d'information des transports (Technical Committee on Transportation Information and Control Systems)
TLR	Train léger sur rail
TMC	Traffic Message Channel
TOC	Centres régionaux de gestion de la circulation
TOS	Logiciels de gestion du transport en commun

## **1 APERÇU DE L'ARCHITECTURE NATIONALE STI DES ÉTATS-UNIS**

### **1.1 INTRODUCTION**

Les systèmes de transports intelligents (STI) sont l'application, par les fournisseurs de services de transport (gouvernements, sociétés de transports publics, exploitants de parcs de véhicules commerciaux), de techniques relevant de l'informatique, de l'électronique, des télécommunications et de la sécurité pour améliorer la gestion et la prestation des services de transport. Soucieuse de garantir l'interopérabilité et la compatibilité des technologies et systèmes STI, la U.S. Federal Highway Administration (FHWA) a financé l'élaboration d'un cadre d'intervention, qui a pris la forme d'une architecture nationale STI.

Le présent projet a consisté à examiner l'architecture STI des États-Unis afin d'en évaluer la pertinence pour le Canada et de cerner les enjeux à prendre en considération pour l'adapter à la situation canadienne. Pour cela, une importante documentation a été réunie, à même les fonds documentaires de IBI Group, de la FHWA et d'autres organismes publics, et les rapports de Transports Canada. On trouvera à l'annexe A la liste des documents dépouillés.

### **1.2 QU'EST-CE QU'UNE ARCHITECTURE DE SYSTÈME STI?**

Pour mieux comprendre la portée de l'architecture nationale STI et son rôle dans la mise en place de programmes STI, il est essentiel de définir clairement le sens de «architecture de système». Dans le cas de la mise en place des STI aux États-Unis, **l'architecture de système procure un cadre uniifié d'intégration qui coordonne la mise en oeuvre des programmes STI par les organismes publics et privés**. Le rôle principal de l'architecture de système est d'offrir aux intervenants une base commune pour réaliser la compatibilité des technologies intelligentes, de façon à garantir l'harmonisation des STI mis en oeuvre dans une région donnée.

L'architecture décrit les interactions entre les composants physiques du système de transport, comme les voyageurs, les véhicules, les dispositifs en bordure de chaussée, et les centres de contrôle. Elle définit également les exigences touchant les systèmes d'information et de communication, les règles de partage et d'utilisation des données, et les protocoles de transmission des données essentielles aux STI. Bref, l'architecture de système définit les fonctions et les flux d'information caractérisant les divers composants d'un système STI, qui se conjuguent pour atteindre les buts globaux fixés au système.

L'architecture n'est pas un programme STI. Elle ne précise pas le mode de réalisation d'un système STI. Elle offre un ensemble de possibilités à prendre en considération lorsqu'on envisage de mettre en oeuvre toute application STI. Elle guide la mise en place des STI, mais chaque agence ou organisme demeure libre de déterminer les technologies et les aménagements qui répondent le mieux à ses besoins. Ces organismes peuvent y trouver des indications sur les applications potentielles des STI, les débouchés possibles, leur intégration avec d'autres systèmes, les liens entre institutions et la coordination des transmissions de données et d'autres activités propres à optimiser l'efficacité et le rendement des STI.

### **1.3 ÉLABORATION DE L'ARCHITECTURE NATIONALE STI DES ÉTATS-UNIS**

Aux États-Unis, l'élaboration d'une architecture nationale STI a été entreprise après qu'on eut reconnu le mérite d'une démarche unifiée pour la conception de STI intégrés à l'échelle du pays, préférable, au moins sur le plan des ressources, à la mise en place d'une profusion de systèmes autonomes et distincts. L'élaboration de cette architecture était l'une des mesures du Plan national de programme STI (NPP), qui énumérait les lignes directrices devant guider la mise en oeuvre des STI aux États-Unis. Le NPP (réf. 8, annexe A) recommandait cinq types de mesures : projets de recherche et développement, essais

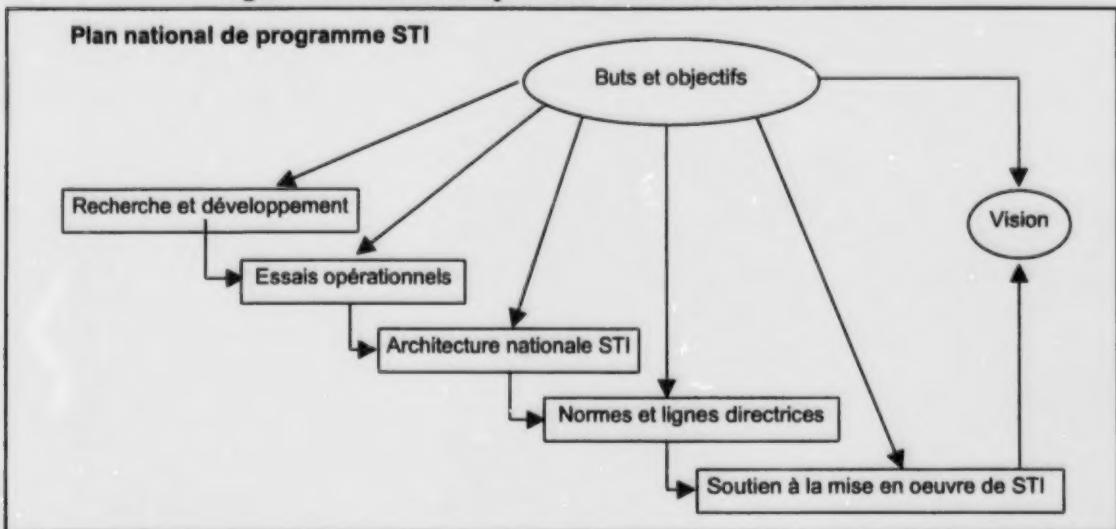
en service, élaboration d'une architecture nationale STI, normes et lignes directrices, soutien à la mise en oeuvre de STI.

Le NPP a pour objectif d'améliorer le transport de surface en :

- accroissant la sécurité;
- accroissant la capacité et l'efficacité du réseau;
- diminuant la consommation d'énergie et les répercussions environnementales associées aux congestions routières;
- accroissant la productivité actuelle et future des personnes, des organisations et de l'économie dans son ensemble;
- améliorant la mobilité des personnes;
- créant un environnement propice au développement et à la mise en place des STI.

La figure 1-1 illustre le rôle de l'architecture nationale STI à l'intérieur du NPP et indique comment les buts et objectifs du programme subordonnent les différents éléments de programme et orientent la formulation et la mise en oeuvre de la vision.

**Figure 1-1 : Cadre conceptuel de l'architecture nationale STI**



Voici les jalons qui ont marqué l'élaboration de l'architecture nationale STI des États-Unis :

1991	Adoption par le Congrès américain du programme STI;
1992	Début de l'élaboration de l'architecture nationale STI, sous l'égide du Department of Transportation (DOT);
1993-1995	Phase 1, Élaboration de l'architecture STI (quatre équipes dirigées par Hughes Aircraft, Loral, Rockwell International et Westinghouse Electric);
1995-1996	Phase 2, Élaboration de l'architecture STI – Mise en commun (travail conjoint de Loral et Rockwell International);

---

1996	Achèvement de la première version de l'architecture nationale, constituée de 16 documents;
1997	Ajout d'un trentième service d'usager, pour un total de 30 services d'usager regroupés en sept catégories de services;
1998	En septembre, achèvement de la deuxième version de l'architecture nationale STI, qui comporte des modifications à l'architecture logique, à l'architecture physique, et à plusieurs autres documents clés de définition de l'architecture. En octobre, publication par la FHWA de <i>TEA-21: Interim Guidance on Conformity with National Architecture and Standards</i> , qui vise à garantir la conformité à l'architecture nationale des projets STI financés par le Highway Trust Fund. Ce document provisoire devait demeurer valide jusqu'à la publication de la politique définitive, attendue quelque douze mois plus tard.
1998	En décembre, publication par la FHWA de <i>Proposed Criteria and Draft List of Critical ITS Standards</i> , visant à garantir l'interopérabilité des technologies STI à l'échelle nationale. Le rapport final énumérant les normes essentielles doit être présenté au Congrès au plus tard le 1 <sup>er</sup> juin 1999.

L'équipe de travail sur l'architecture mise sur pied par le DOT était constituée de représentants de la FHWA, de la Federal Transit Administration (FTA) et de la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). La société MITRE dirigeait les travaux.

Pour favoriser la diffusion de l'information et la rétroaction, on a eu recours à quatre types d'instances :

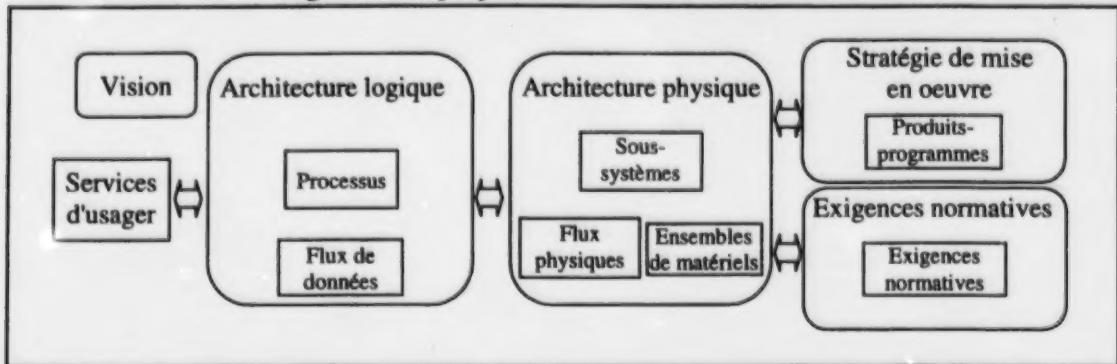
- Groupe de travail pour la promotion d'un consensus sur l'architecture STI (*ITS Architecture Consensus Task Force*) – constitué d'intervenants STI, en majorité des associations/sociétés et groupes d'intérêts.
- Forums régionaux sur l'architecture STI (*Regional Architecture Forums*) – réunions publiques qui servaient à obtenir des réactions immédiates, à l'échelle locale, aux diverses ébauches d'architectures.
- ITS America – exprimait ses commentaires par la voie de comités techniques et d'un groupe de travail.
- Groupes de discussion – permettaient d'obtenir les commentaires et les opinions des intervenants clés sur des questions cruciales.

L'architecture STI des États-Unis répartit les applications STI entre trente services d'usager (*User Services*), regroupés en sept catégories de services (*Service Bundles*). Ces catégories sont les suivantes : Gestion des déplacements et des transports, Paiement électronique, Gestion des transports publics, Opérations de véhicules commerciaux, Gestion de la demande de transport, Gestion des urgences et Systèmes avancés de sécurité et de contrôle des véhicules. L'architecture définit, pour chacun de ces services d'usager, les sous-systèmes de l'infrastructure de transport concourant au service, les liaisons de télécommunications entre les sous-systèmes, et le rôle des principaux intervenants, sur le plan organisationnel. La figure 1-2 donne un aperçu de l'architecture nationale STI (réf. 3, annexe A).

**Les services d'usager sont les services assurés par les STI, vus dans la perspective de l'usager.**

L'architecture logique et l'architecture physique définissent les éléments d'architecture essentiels aux services d'usager. Les précisions sur les ensembles de matériels et les produits-programmes font office de références qui facilitent la compréhension lors de la mise en place des services STI. Les documents de l'architecture nationale STI américaine sont regroupés en cinq volets : sommaire, document de définition, évaluation, stratégie de mise en oeuvre, normes (voir l'annexe B).

Figure 1-2 : Aperçu de l'architecture nationale STI



#### 1.4 ARCHITECTURE LOGIQUE

L'architecture logique définit les processus fonctionnels et les flux d'information (de données) nécessaires pour appuyer les services d'usager STI. Elle décrit les flux de données, les exigences fonctionnelles, les exigences relatives aux services d'usager et les diagrammes de flux de données. Les processus fonctionnels indiquent la façon dont le système s'acquitte de chacune des tâches de base. À titre d'exemple, la fonction Gestion des déplacements et des transports comporte le traitement et le transfert des données nécessaires à une variété de tâches, comme la détection des incidents, qui appartient à ce secteur d'activité. Les exigences relatives aux services d'usager sont des énoncés précis des processus qui doivent être réalisés pour appuyer les services d'usager STI. La figure 1-3 (réf. 3, annexe A) est un diagramme de flux de données regroupant processus et flux de données. Les cercles correspondent aux fonctions, et les flèches, aux flux de données.

#### 1.5 ARCHITECTURE PHYSIQUE

Les concepteurs de l'architecture nationale ont également défini l'architecture physique des STI. Cette architecture, illustrée à la figure 1-4 (réf. 3, annexe A) comprend quatre composants physiques ou entités : Voyageur, Centre de contrôle, Route et Véhicule. À chacune de ces quatre entités correspondent divers sous-systèmes, lesquels réalisent certaines fonctions définies par l'architecture logique. Par exemple, la fonction Gestion des transports en commun (architecture logique) précise les interactions entre les sous-systèmes Centre de gestion des transports en commun, Véhicule de transport en commun, Route et Dispositif personnel d'accès à l'information, et Téléassistance. Quant aux rapports entre les sous-systèmes impliqués dans la gestion des transports, ils sont décrits par la couche transport de l'architecture physique.

Les règles concernant les flux d'information et les transferts de données entre les composants de la couche transport sont définies par la couche communication de l'architecture physique. Les flux de données (définis par l'architecture logique) d'un sous-système à un autre sont matérialisés par des flux physiques. Une fois définies les exigences en matière de télécommunications, les fabricants de matériel et les fournisseurs de services de télécommunications sont mieux à même de positionner leurs produits et services pour répondre aux besoins engendrés par la mise en oeuvre des STI. La figure 1-5 (réf. 3, annexe A) donne un aperçu des besoins de communication entre les entités physiques.

Figure 1-3 : Architecture nationale STI – Architecture logique générale simplifiée

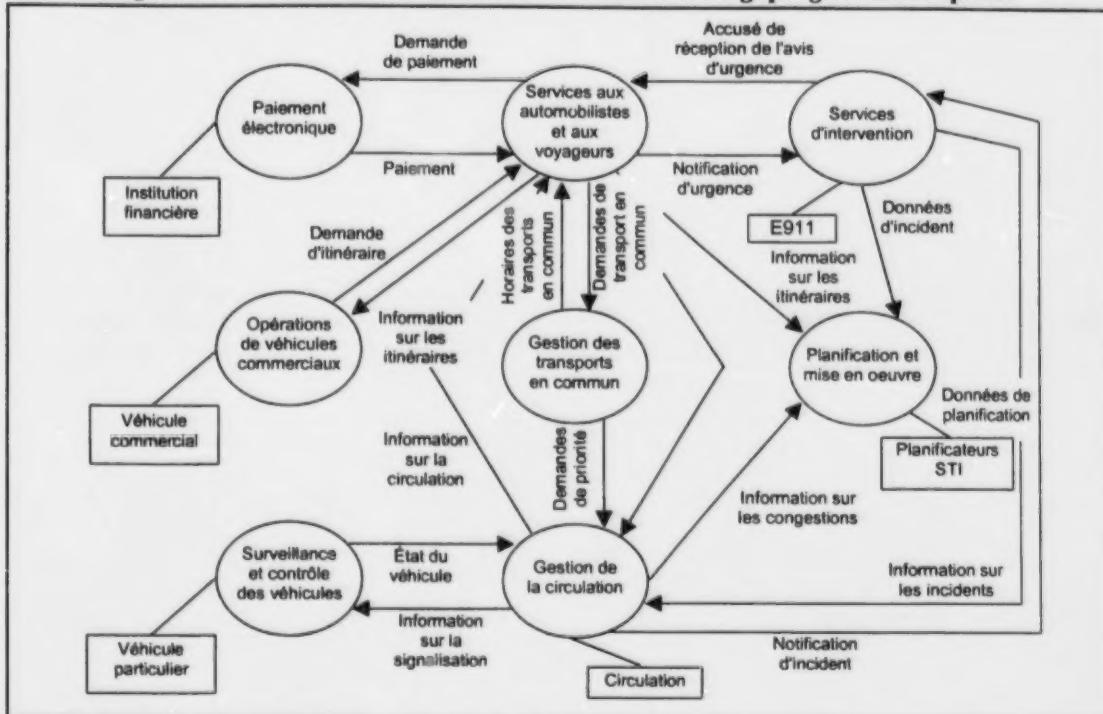


Figure 1-4 : Architecture nationale STI – Architecture physique

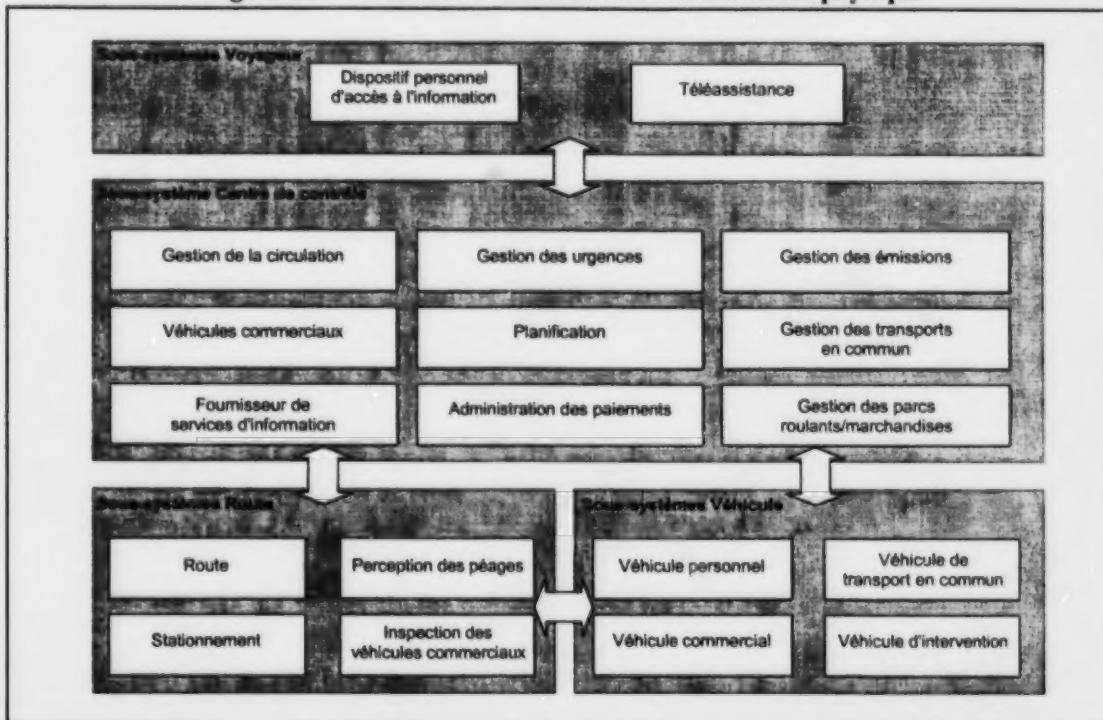
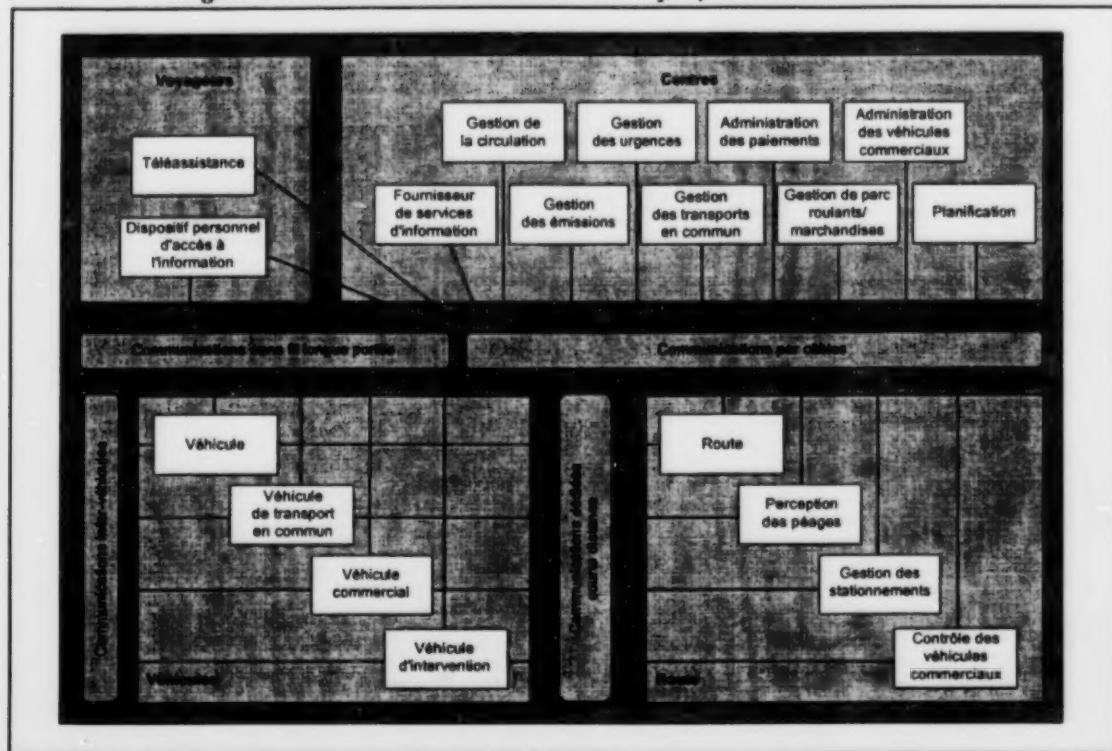


Figure 1-5 : Architecture nationale STI – Aperçu des communications

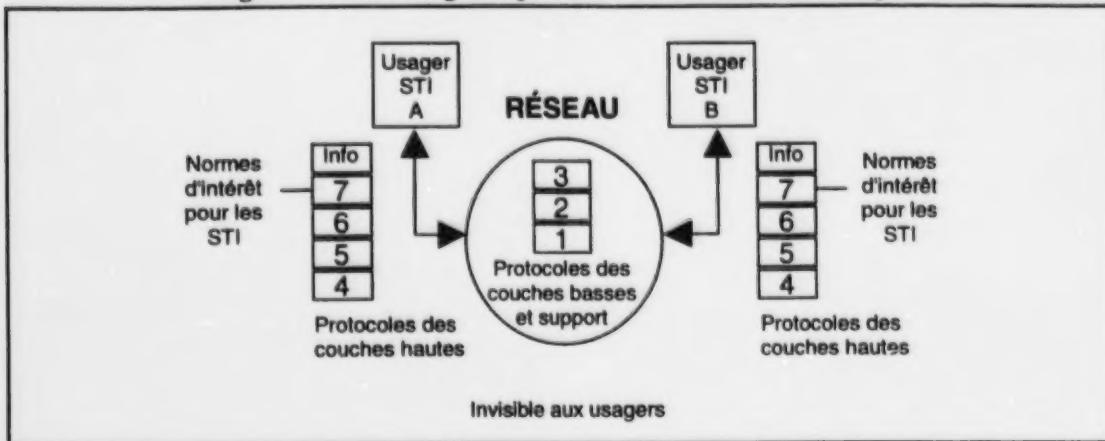


De façon générale, les communications nécessaires aux applications STI se font selon deux modes : sans fil et par câbles. Ces deux modes, ou l'un des deux, appuient toutes les entités de la couche transport nécessitant des transferts de données. Souvent, l'usager des STI (sur la couche transport) perçoit la couche communication comme de la «plomberie», dont de nombreux détails peuvent, et doivent, demeurer invisibles. Cela n'enlève rien à l'importance cruciale des supports de communication de base dans l'architecture.

### 1.5.1 Modèle des systèmes ouverts

La figure 1-6 illustre un modèle générique de communication hiérarchique conçu d'après le modèle d'interconnexion de systèmes ouverts (OSI : *Open Systems Interconnexion*) qui, en organisant selon des règles très rigoureuses le réseau de communication, réduit d'autant la complexité de celui-ci. L'architecture OSI est organisée en couches : chacune des couches réalise certaines fonctions nécessaires au fonctionnement de la couche immédiatement supérieure dans la hiérarchie du système, et peut converser avec la couche correspondante à l'autre extrémité de la chaîne. Ainsi, pour les couches hautes (p. ex., la couche application STI), les détails des opérations de communication demeurent invisibles. Différents réseaux peuvent utiliser des couches différentes de celles du modèle OSI. C'est le cas de la SNA (*Systems Network Architecture*) de IBM. Lorsque plusieurs réseaux utilisent des protocoles de communication différents, il faut un interfaçage pour la conversion des protocoles aux divers niveaux.

Figure 1-6 : Modèle générique de communication hiérarchique



La couche 1, la plus basse dans le modèle OSI, est la couche physique. Elle permet la transmission de bits sur des fils ou des faisceaux hertziens. Les différentes manifestations de la couche physique concernent surtout l'usager et le fournisseur de service STI, car elles ont un lien direct avec le matériel transporté ou installé à bord du véhicule. On s'attend que dans l'avenir, les matériels sans fil deviendront plus polyvalents, de façon que plusieurs variantes de la couche physique pourront être regroupées dans un seul et même dispositif, éliminant ainsi une des contraintes associées à la mise en oeuvre de l'architecture de communication STI.

La couche 2 est la couche liaisons des données, dont le rôle est d'offrir à la couche réseau une liaison des données présentant le moins d'erreurs possible, en dotant l'émetteur-récepteur de schémas de codage à détection et correction d'erreurs (CDCE). Un exemple de cette stratégie est l'application d'un code à redondance cyclique (CRC) à un bloc ou une trame de données. Lorsque les données arrivant à l'émetteur-récepteur sont vérifiées par le CRC, le message renvoyé indique s'il est nécessaire de reprendre la transmission. La couche 2, et les autres couches hautes, peuvent être implantées par le logiciel installé dans un programme général, ce qui donne à l'usager la possibilité d'installer différentes versions d'une application sans modifier l'équipement embarqué.

La couche 3 est la couche réseau, chargée du déplacement effectif de l'information entre les systèmes d'extrémité. Son rôle principal est le routage de paquets, mais elle sert aussi à acheminer les données de facturation vers le fournisseur de services de communication (la facturation est liée aux adresses de protocoles Internet – IP).

La couche 4 est la couche transport, qui fait le pont entre la couche session et la couche réseau. Elle assure le transfert de bout en bout des données (maintien en séquence, non-duplication, etc.). Elle isole également les couches hautes, ou applications informatiques, des équipements de télécommunications, associés aux couches basses.

La couche 5 est la couche session, qui permet aux partenaires utilisant des appareils différents de communiquer entre eux, ou d'établir des sessions. Cela comprend la transmission ordinaire des données, mais appuyée par des services perfectionnés, comme l'entrée en communication ou le transfert de fichiers à distance.

La couche 6, ou présentation, définit la sémantique et la syntaxe de transfert de l'information entre partenaires, comme le codage standard des données, ou la compression ou le chiffrement des données.

La couche 7, ou la couche application, comporte les protocoles couramment utilisés pour des tâches comme l'émulation de terminal, le transfert de fichiers, le courrier électronique et la soumission de travaux à distance. (À noter que pour de nombreuses applications STI, les couches 5 et 6 sont fondues dans la couche application, ou couche 7.)

### **1.5.2 Communications par câbles**

La partie câblée du réseau peut prendre de nombreuses formes différentes – la plupart liées à l'implémentation. La couche physique des communications par câbles ne pose pas vraiment de problème, puisque la plupart des technologies sont en mesure de répondre aux exigences des STI. Les couches hautes sont également très souples, la plupart du temps dotées de «traducteurs» qui assurent l'interfaçage entre des réseaux différents, par des passerelles bien définies. Les traducteurs sont des unités fonctionnelles inhérentes à des dispositifs comme les modems, les commutateurs, les codeurs, etc. Ils permettent à ces dispositifs de communiquer selon plusieurs protocoles. Ces traducteurs sont importants parce que le modèle OSI définit les fonctions réalisées dans chaque couche, mais non les protocoles utilisés.

### **1.5.3 Communications sans fil**

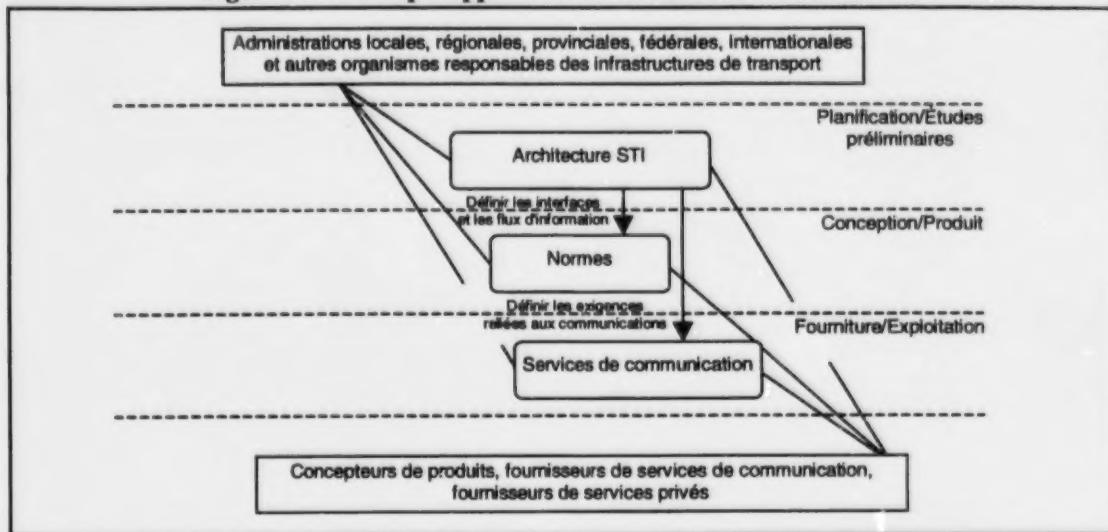
La partie «sans fil» du réseau est configurée selon l'une ou l'autre des infrastructures élémentaires suivantes :

- Les communications sans fil longue portée, qui assurent le transfert d'information (de nombreux flux de données) sur de grandes distances. Par exemple, les sous-systèmes STI peuvent utiliser directement les systèmes existants et les nouveaux systèmes de communication mobile sans fil pour le transfert de données. L'interface sans fil ES-3 qui donne accès à cette infrastructure est appelée «u1», ce qui désigne une liaison sans fil longue portée comptant un seul réseau de stations de base assurant des connexions à des usagers mobiles. La téléphonie cellulaire, les réseaux de données, les radios mobiles spécialisés à grandes cellules pour les communications bidirectionnelles, les systèmes de radiomessagerie et de radiodiffusion pour les communications unidirectionnelles, sont autant d'applications des communications sans fil longue portée.
- Les communications sans fil courte portée assurent le transfert d'information sur de courtes distances (encore là, de nombreux flux de données sont en jeu, mais ils se limitent à des applications précises). L'interface sans fil vers cette infrastructure est désignée «u2», ce qui signifie une liaison courte portée, utilisée pour des transmissions sur de courtes distances (habituellement moins de 50 à 100 pieds) entre un usager mobile et une station de base. Dans le jargon des STI, cette infrastructure est couramment désignée Communications dédiées courte distance (CDCD). Un exemple de son application : le transfert de numéros d'identification de véhicules aux guérites de poste de péage. Contrairement à l'infrastructure de communications longue portée, que se partagent de nombreuses applications, cette infrastructure est considérée par l'architecture nationale comme réservée uniquement aux applications STI. Certaines percées technologiques récentes, comme la liaison Bluetooth, de type multi-applications, doivent toutefois être étudiées plus avant. On trouvera à l'annexe E une brève description de Bluetooth.
- Les systèmes dédiés sans fil, qui pourront traiter des débits élevés de données, avec une faible probabilité d'erreur, sur des distances relativement courtes. Ces systèmes sont particulièrement indiqués pour les communications entre véhicules sillonnant une «autoroute intelligente». Cette interface sans fil est désignée «u3». Les recherches dans ce secteur ne font que débuter.

## 1.6 NORMES

Les normes constituent un facteur important de l'interopérabilité des services STI à l'échelle nationale. En effet, les exigences touchant les flux physiques et les communications définissent l'interface assurant le dialogue entre les sous-systèmes de l'architecture physique. La définition des interfaces et des flux d'information est la première étape de l'élaboration et de la mise en oeuvre de normes STI. La figure 1-7 montre comment l'architecture STI influe sur l'élaboration de normes et de services de communication.

Figure 1-7 : Champ d'application de l'architecture nationale STI



Les travaux de normalisation actuellement en cours en Amérique du Nord gravitent autour de trois grands organismes : l'Organisation internationale de normalisation (ISO), le Comité européen de normalisation (CEN) et l'Organisation japonaise de normalisation. Les travaux de l'ISO sont menés sous l'égide du Comité technique sur les systèmes de commande et d'information des transports (TICS). Au CEN, le dossier est confié au comité technique CEN/TC278. Il existe des recoupements entre les normes du CEN et les normes japonaises, car l'Europe et le Japon ont rendu obligatoires les normes CEN et ISO, respectivement, contrairement aux normes ISO, qui demeurent facultatives. On trouvera, au tableau 1-1, la liste des groupes de travail sur les normes STI relevant du comité technique ISO/TC204. Le tableau donne également, pour référence, les groupes de travail équivalents au CEN. Quant aux groupes japonais correspondants, il est plus difficile de les identifier. Les normes établies par les groupes de travail de l'ISO forment la base de la normalisation des systèmes d'information, de communication et de contrôle utilisés dans le transport de surface, les transports publics, le transport commercial et les systèmes de commande (TICS).

Tableau 1-1 : Groupes de travail du comité technique ISO/TC204

Groupe de travail (WG)	Responsable	WG associés
Architecture	ISO	CEN WG12, 13
Qualité et fiabilité	ISO	
Technologie des bases de données TICS	ISO	CEN WG7
Paiement	CEN WG1	
Gestion de parcs roulants	ISO	CEN WG2
Commercial/fret	ISO	CEN WG2
Transports publics/urgences	ISO	CEN WG2, 3
Information, gestion et contrôle intégrés des transports	ISO	CEN WG5
Systèmes d'information des voyageurs	CEN WG4	
Systèmes de navigation et de guidage routier	ISO	CEN WG4
Système de contrôle et d'avertissement véhicule/chaussée	ISO	ISO/TC22/SC13/WG8
CDCC pour applications TICS	CEN WG9	
Communications grandes distances/protocoles et interfaces	ISO	CEN WG11

## 1.7 INITIATIVES EN COURS AUX ÉTATS-UNIS

### 1.7.1 Normes essentielles

Pour accélérer les travaux de normalisation pilotés par l'industrie et encadrer ainsi l'essor rapide des services STI aux États-Unis, le Congrès américain a demandé au DOT de dresser la liste des normes dites essentielles, c'est-à-dire des normes indispensables à l'interopérabilité nationale des systèmes, et des normes «de base», sur lesquelles s'appuiera l'élaboration d'autres normes. Il l'a également chargé de suivre l'avancement des travaux concernant chaque norme figurant sur cette liste [article 5206(b) de la *Transportation Equity Act for the 21<sup>st</sup> Century (TEA-21)*]. En réponse à ce mandat, le DOT a publié un document de travail intitulé *TEA-21 Critical Standards: Proposed Criteria and List of Critical Standards*, qui fait état de discussions préliminaires avec des spécialistes des questions de normalisation et de ITS America. L'industrie américaine des STI a jusqu'à janvier 2001 pour s'entendre sur la liste des normes essentielles TEA-21 présentée au tableau 1-2. Faute de consensus, le Congrès américain demandera au DOT de désigner lui-même ces normes. Cette liste est présentement considérée comme évolutive. La liste définitive devait être soumise au Congrès avant le 1<sup>er</sup> juin 1999.

Ce ne sont pas tous les services STI qui nécessitent une normalisation à l'échelle nationale. Cette normalisation, passage obligé vers l'interopérabilité, vise surtout sur les matériels et logiciels des systèmes mobiles, car ceux-ci doivent pouvoir communiquer avec différents systèmes fixes, au cours de leurs déplacements. Les principaux objets de la normalisation sont l'interface de communication entre le véhicule et l'infrastructure, comme les CDCC, et les sous-porteuses grande vitesse. On appelle **normes de base** les normes «fondatrices», sur lesquelles s'appuie l'élaboration d'autres normes. Mentionnons à titre exemple les normes touchant les modèles de dictionnaire de données et les références de localisation.

Tableau 1-2 : Architecture nationale STI – Liste provisoire de normes essentielles

N°	Titre	Org. norm. resp.	Degré d'importance	État d'avancement
1	Systèmes avancés d'information des voyageurs (ATIS) – Dictionnaire de données [SAE J2353]	SAE	Nationale	Mise au vote
2	Systèmes avancés d'information des voyageurs (ATIS) – Liste de messages [SAE J2354]	SAE	Nationale	Mise au vote
3	Structure de messages ATIS pour sous-porteuse FM grande vitesse [SAE J2369]	SAE	Nationale	Mise au vote
4	Dictionnaire de données ATMS (TMDD) – Sections 1 et 2 (Liens/noeuds/événements) [TM 1.01]	ITE	De base	Mise au vote
5	Dictionnaire de données ATMS (TMDD) – Sections 3 et 4 (SGI/vidéo/commande/etc.) [TM 1.02]	ITE	De base	Mise au vote
6	Fournisseur de services d'information – Norme de références géographiques pour la localisation des véhicules [SAE J1746]	SAE	Nationale, de base	Mise au vote
7	Liste de messages pour CDCD, Péage électronique, Gestion de la circulation et Opérations de véhicules commerciaux [IEEE P1455]	IEEE	Nationale	Mise au vote
8	Liste de messages pour la gestion des incidents : Système de gestion des urgences, Système de gestion de la circulation et Système téléphonique de secours (ou 911) [IEEE P1512]	IEEE	Nationale	Ébauche
9	Interface embarquée pour véhicules terrestres pour l'émission de signaux de détresse [SAE J2313]	SAE	Nationale	Mise au vote
10	Norme sur les dictionnaires de données pour les systèmes de transports intelligents [IEEE P1489]	IEEE	De base	Mise au vote
11	Norme sur les communications dédiées courte distance (CDCD) – Couche liaisons de données [ASTM2]	ASTM	Nationale	Mise au vote
12	Communications dédiées courte distance (CDCD) – Couche physique – 902-928 MHz [ASTM1]	ASTM	Nationale	Mise au vote
13	Norme sur les communications dédiées courte distance (CDCD) à 5,8 GHz – Couche physique	À dét.	Nationale	Indéterminé
14	Listes de messages STI [IEEE P1488]	IEEE	De base	Ébauche

### 1.7.2 Guide de conformité

Depuis le 2 octobre 1998, les projets STI financés par le Highway Trust Fund (y compris les Mass Transit Accounts) sont assujettis aux règles énoncées dans le document *TEA-21: Interim Guidance on Conformity with the National Intelligent Transportation Systems (ITS) Architecture and Standards*. Ce guide provisoire comprend des sections de définitions et de questions-réponses de même qu'un chapitre sur la langue. Conçu pour inciter les planificateurs en transport à intégrer les STI à leurs projets, il vise surtout les initiatives à court terme qui se prêtent le mieux à l'intégration régionale. Sont aussi abordées les questions touchant l'applicabilité et la portée des STI, les projets STI, la place des STI dans la planification des transports, le rôle du gouvernement fédéral et les normes STI. La version définitive du document, attendue en octobre 1999, servira de base pour l'application de l'article 5206(e) de la TEA-21, qui exige que les projets STI financés par le Highway Trust Fund (y compris les Mass Transit Accounts) soient conformes à l'architecture et aux normes nationales STI des États-Unis.

### **1.7.3 Architecture régionale**

Il est actuellement proposé de mettre en place aux États-Unis des versions régionales de l'architecture nationale STI, pour parer aux variations dans le mode de réalisation des services STI au sein d'une même région. L'architecture «régionale» est la transposition, à l'échelle régionale, de l'architecture nationale STI, le but étant de créer un environnement STI «transparent» dans l'ensemble de la région. Elle offre un mécanisme de coordination entre les divers paliers administratifs, qui veille à ce que la mise en place des services et stratégies STI réponde aux besoins locaux. Une partie des fonds accordés par le DOT pour financer le Programme de mise en oeuvre des STI est affectée à l'élaboration d'architectures régionales.

## 2 EXAMEN DES STI DANS LE CONTEXTE CANADIEN

### 2.1 INTRODUCTION

L'industrie canadienne des STI connaît une croissance rapide, stimulée par un marché international dont la valeur cumulative prévue pour la période de 1996 à 2011 s'élève à plus de 434 milliards \$US (réf. 4, annexe A). Il importe, pour garantir une utilisation optimale de nos ressources, de cerner le rôle que joueront les STI dans notre futur réseau de transport et d'élaborer une architecture STI viable, adaptée aux besoins du Canada.

### 2.2 FOURNISSEURS DE SERVICES DE TRANSPORT

On peut regrouper en quatre grandes catégories les organismes publics responsables de la prestation de services de transport au Canada :

- le gouvernement fédéral, par l'intermédiaire de divers ministères, dont Transports Canada;
- les gouvernements provinciaux, par l'intermédiaire de leurs ministères des Transports, comme celui de l'Ontario;
- les administrations municipales, comme la Ville de Toronto;
- les sociétés de transport en commun.

Le tableau 2-1 résume les rôles et responsabilités de chaque catégorie de fournisseurs de services de transport.

**Tableau 2-1 : Rôles et responsabilités de chaque catégorie de fournisseurs de services de transport**

Organismes du secteur public	Rôles et responsabilités
Transports Canada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Élabore et met à jour des politiques et des lois pertinentes en matière de transport et veille à maintenir un degré maximal de sûreté et de sécurité dans les transports.</li> <li>• Responsable du transport maritime, ferroviaire et aérien.</li> </ul>
Ministères provinciaux des Transports	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planifient, conçoivent, construisent et exploitent le réseau routier canadien.</li> <li>• Responsables des normes de conception des routes, de l'immatriculation des véhicules, de l'inspection des véhicules, de l'émission des permis de conduire, du maintien de l'ordre et de l'exécution de la loi.</li> <li>• Réglementent l'industrie du camionnage.</li> </ul>
Services municipaux de transports	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsables des voiries urbaines et rurales situées sur leur territoire.</li> <li>• Gèrent les systèmes de signalisation routière.</li> </ul>
Sociétés de transport en commun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurent les services de transport en commun.</li> </ul>

### 2.3 PRODUITS ET SERVICES STI EXISTANTS

Les données nécessaires pour dresser l'inventaire des produits et services STI en place au Canada ont été obtenues auprès des ministères provinciaux des Transports, qui ont été joints au téléphone, et glanées dans des sites Internet ainsi que dans divers rapports. Cette liste donne une indication des initiatives STI actuellement en cours au Canada. Celles-ci ont été regroupées selon les catégories de services déterminées par l'architecture nationale STI des États-Unis. Il y a bien d'autres façons, naturellement, de regrouper les technologies STI. Mentionnons celle de SRI Consulting, qui définit quatre secteurs STI,

subdivisés en 15 applications (réf. 4, annexe A). Le tableau 2-2 donne les recouplements entre les deux systèmes.

**Tableau 2-2 : Comparaison des secteurs d'applications STI-SRI et des catégories de services STI – É.-U.**

<b>Secteur STI</b>	<b>Application STI</b>	<b>Catégories de services STI – É.-U.</b>
Gestion de la circulation	Signalisation routière Systèmes intégrés de gestion de la circulation Perception automatique des péages	Gestion des déplacements et des transports Paiement électronique
Information des conducteurs et planification des itinéraires	Information pré-déplacement Navigation embarquée Information embarquée Dispositif personnel d'accès à l'information	Gestion de la demande de transport
Gestion de parcs roulants	Localisation et suivi automatiques des véhicules Gestion du transport collectif de personnes Distribution des marchandises et logistique	Gestion des transports publics Opérations de véhicules commerciaux
Sécurité et contrôle des véhicules	Systèmes anti-collision Alerte en cas de danger Commande automatique des véhicules Contrôle de sécurité Notification des urgences Autres applications touchant la sécurité	Gestion des urgences Systèmes avancés de sécurité et de contrôle des véhicules

La figure 2-1 indique le nombre de projets STI en place dans chaque province. L'Ontario, le Québec, l'Alberta et la Colombie-Britannique dominent. Les applications STI mises en oeuvre en Ontario couvrent toutes les catégories de services STI.

La figure 2-2 donne la répartition des initiatives STI canadiennes par catégorie de services STI. La majorité, soit plus de 40 p. cent de tous les projets au pays, appartiennent à la catégorie Gestion des déplacements et des transports. Au nombre des autres secteurs les plus populaires figurent les Systèmes avancés de transports publics et les Opérations de véhicules commerciaux, qui à eux deux regroupent à peu près le même nombre de projets que la Gestion des déplacements et des transports.

Figure 2-1 : Nombre d'applications STI canadiennes par province

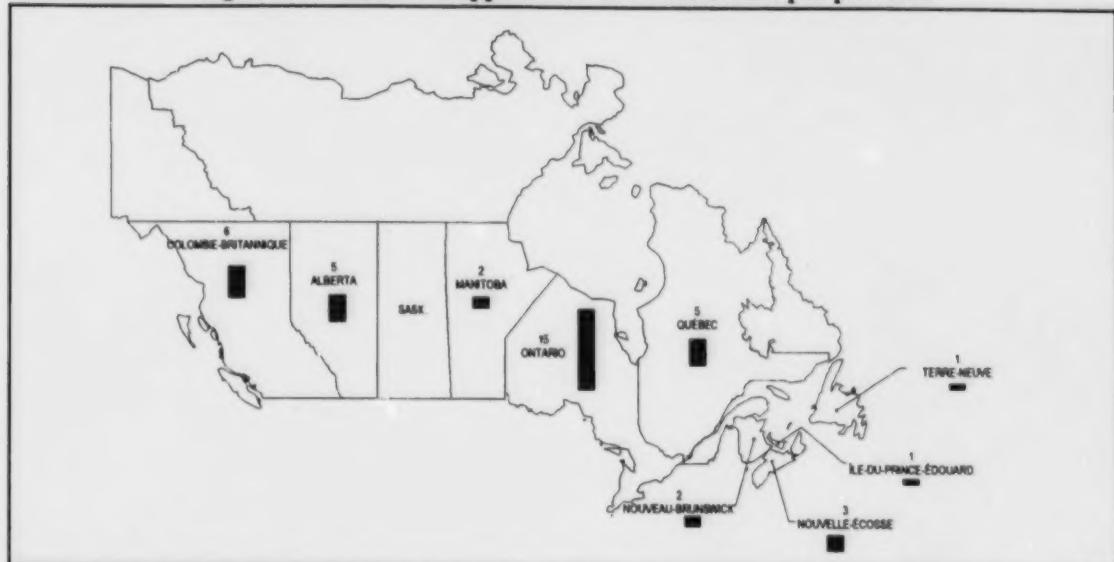
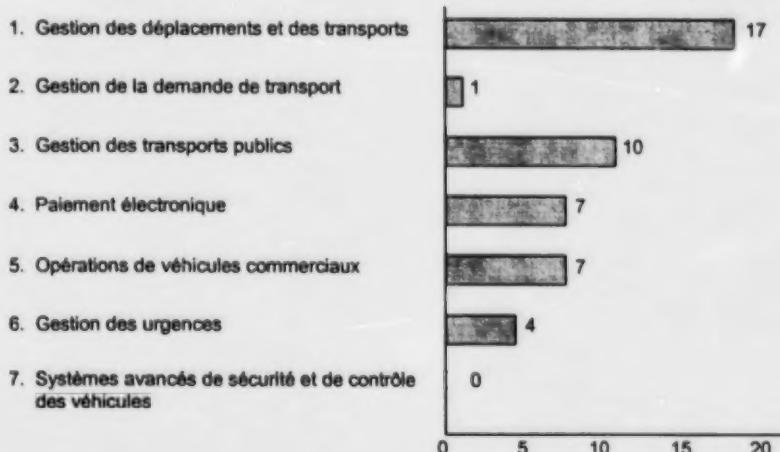


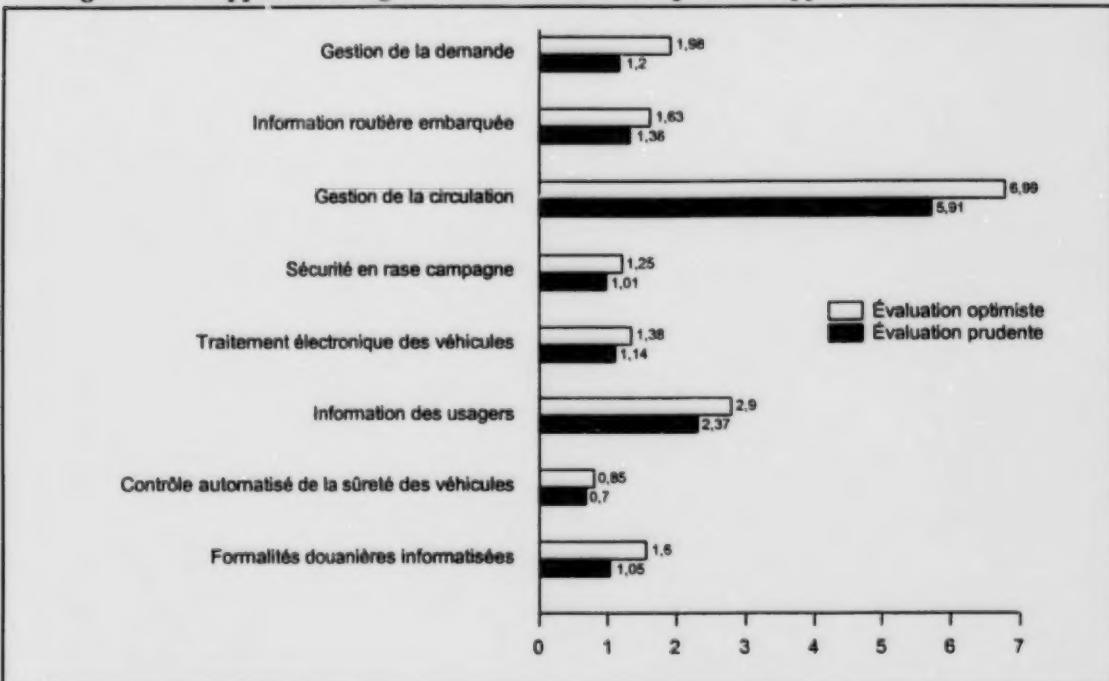
Figure 2-2 : Initiatives STI canadiennes par catégorie de services



Transports Canada a réalisé, en 1995-1996, une vaste étude sur les coûts et avantages associés à la mise en place des STI, pour des applications sélectionnées (réf. 5, annexe A). La figure 2-3 rappelle quelques résultats de cette étude. C'est la Gestion de la circulation en zone urbaine qui a produit le rapport avantages-coûts le plus élevé. Les évaluations optimistes touchant l'Information aux usagers en zone rurale et la Gestion de la demande situaient à 3 et 2 respectivement le rapport avantages-coûts associé à ces applications. Les coûts se sont souvent révélés supérieurs aux avantages (voir, p. ex., le Contrôle automatisé de la sûreté des véhicules), mais l'analyse tenait uniquement compte des avantages faciles

à quantifier. Or, il existe, bien sûr, des avantages impossibles à chiffrer pouvant justifier la décision de mettre en oeuvre une telle application STI. De plus, les rapports avantages-coûts dégagés par divers projets au Canada variaient considérablement d'un endroit à l'autre.

Figure 2-3 : Rapports avantages/coûts associés aux STI pour des applications sélectionnées



Voici quelques exemples de projets STI canadiens, regroupés par catégorie de services.

### 2.3.1 Gestion des déplacements et des transports

- COMPASS en Ontario, Système de gestion de la circulation autoroutière (SGCA) à Montréal, au Québec
- Régulation adaptative de la circulation utilisant le système SCOOT, dans plusieurs villes canadiennes
- Voie à sens interchangeable utilisant une signalisation d'inversion de voie pendant les heures de pointe
- Radiodiffusion sur la bande FM d'information routière

### 2.3.2 Paiement électronique

- Route 407 – ETR (*Express Toll Route*), Ontario
- Route 104 – ETC (*Electronic Toll Collection*), Nouvelle-Écosse
- Cartes à puce pour le paiement des billets à Mississauga et Ajax
- Pont Dartmouth Bridge – ETC, Nouvelle-Écosse
- Route Fredericton-Moncton – ETC, Nouveau-Brunswick
- Saint John Harbour Bridge – ETC, Nouveau-Brunswick

### **2.3.3 Gestion des transports publics**

- Commande prioritaire des feux de circulation pour tramways, autobus, TLR
- Localisation automatique des véhicules (LAV) pour véhicules de transport en commun dans plusieurs villes, dont Hull, London, Hamilton

### **2.3.4 Opérations de véhicules commerciaux**

- Programme Crescent de pesage automatisé conjugué au programme HELP (plaques d'immatriculation pour véhicules lourds), du Texas à la Colombie-Britannique
- AVION/Advantage I-75 – contrôle automatique des véhicules commerciaux passant de l'Interstate 75 à la route 401
- Système de gestion du transport terrestre à l'Aéroport international Lester B. Pearson de Toronto et à l'Aéroport international de Winnipeg

### **2.3.5 Gestion de la demande de transport**

- Le système ETR de la route 407, en Ontario, gère la demande de transport en modulant le coût du péage selon le moment de la journée.

### **2.3.6 Gestion des urgences**

- COMPASS en Ontario, SGCA à Montréal, au Québec

### **2.3.7 Systèmes avancés de sécurité et de contrôle des véhicules**

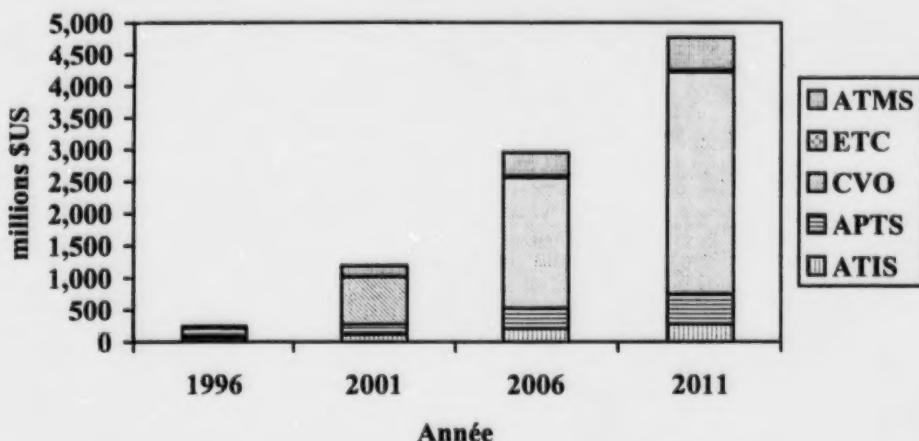
Les technologies nécessaires à la mise en oeuvre de cette catégorie de services STI n'ont pas encore atteint une maturité suffisante pour donner lieu à des applications notables au Canada. Toutefois, l'industrie automobile, fortement présente au Canada, mène d'intenses travaux de recherche et développement dans ce secteur.

## **2.4 PRODUITS ET SERVICES STI CANADIENS**

La figure 2-4 (réf. 4, annexe A) illustre les chiffres annuels de vente de produits et services STI dans le monde, par intervalles de cinq ans. Tout indique que les Opérations de véhicules commerciaux compteront pour la majorité des dépenses annuelles consacrées aux STI. Les Systèmes avancés de gestion de la circulation et les Systèmes avancés de transports publics ont représenté jusqu'à maintenant un peu moins de 10 p. cent chacun du chiffre d'affaires annuel des STI.

Ces prévisions sont fondées sur l'état du marché de la fourniture d'équipements et de services pour les catégories Gestion des déplacements et des transports, Paiement électronique, Opérations de véhicules commerciaux, Gestion des transports publics et Gestion de la demande de transport, telles que définies par l'architecture nationale STI. Le marché des STI englobait l'Amérique du Nord, l'Europe, le Japon et, à une plus petite échelle, les pays émergents du littoral du Pacifique et de l'Amérique du Sud/Amérique latine, de même que les marchés uniques de l'Inde et de la Chine. À mesure que les technologies de base arriveront à maturité, le marché des STI croîtra. S'y ajouteront entre autres les Systèmes avancés de sécurité et de contrôle des véhicules, qui n'ont pas été pris en compte dans les prévisions ci-dessus, en raison de l'évolution incertaine de ces technologies.

Figure 2-4 : Prévisions de chiffres de vente annuels de produits et services STI au Canada



Le rapport *Stratégie pour le développement d'une base industrielle en SIT au Canada* (réf. 4, annexe A) notait que tous les paliers de gouvernement, au Canada, s'intéressent aux STI. C'est au Canada que sont établies certaines des grandes entreprises du secteur des STI, qui se démarquent dans plusieurs technologies de base, dont les SIG, les afficheurs, les capteurs, l'intégration de systèmes et le développement de logiciels, et les technologies de positionnement et de navigation. Le rapport souligne également la place importante occupée par la Gestion de la circulation, la Gestion de parcs roulants et la Gestion des transports publics parmi les secteurs de services STI au Canada.

Les États-Unis constituent le principal débouché du Canada dans le secteur des STI. Les fournisseurs canadiens ont une bonne connaissance de ce marché, où la coopération intergouvernementale et les coentreprises sont courantes. Le marché secondaire des produits et services STI canadiens se trouve dans les pays émergents du littoral du Pacifique de même qu'au Mexique et en Amérique latine. Le Péage électronique, la Gestion de la circulation et le Transport de marchandises représentent les principaux débouchés des fournisseurs canadiens.

L'Europe est également considérée comme un débouché potentiel pour les technologies et services STI. Des entreprises canadiennes sont déjà établies sur les marchés européens de la Gestion de la circulation, du Péage électronique et de la Gestion des transports publics. Quant au Japon, il est plutôt vu comme un marché tertiaire, en raison de la faible adéquation de ses principaux créneaux aux produits et services qui font la force du secteur canadien des STI.

Le produit-programme de STI canadien le plus prometteur est celui de la Gestion de la circulation, comme le montre la figure 2-2. Sur le marché nord-américain, les Opérations de véhicules commerciaux, la Gestion de la circulation et la Gestion des urgences représentent des produits-programmes prometteurs. En Europe, la Gestion de la circulation, qui englobe la Gestion des transports et le Paiement électronique, représente le produit le plus prometteur. Au Japon, la Gestion de la circulation englobe la Gestion de la demande de transport.

## 2.5 PARTICIPATION DU CANADA AUX ACTIVITÉS DE NORMALISATION

Le but de la normalisation est de se doter d'une architecture qui garantit l'interopérabilité de tous les éléments d'un système. L'élaboration par les États-Unis d'une architecture nationale STI a amené ce pays à assumer *de facto* le leadership des comités ISO. Sous la coordination de Transports Canada, le Canada participe aux travaux de normalisation menés à l'échelle internationale, en particulier à ceux du comité technique ISO/TC204 (tableau 2-3). Le Comité consultatif canadien sur les normes STI (CCC) appuie la participation canadienne aux groupes du comité ISO/TC204. L'industrie canadienne des STI ainsi que des experts des gouvernements provinciaux et fédéral participent également, soit directement, soit sous l'égide de STI Canada et du CCC, à une foule de comités nord-américains de normalisation : comités d'orientation sur les normes, comme ceux mis sur pied sous les auspices de l'ALÉNA, de ITS America et de STI Canada, ou comités d'élaboration de normes, comme les comités ASTM, de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), de la Society of Automotive Engineers (SAE), du National Transportation Communications for ITS Protocol (NTCIP), du American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), etc. Voir tableaux 2-4 et 2-5 pour les travaux du NTCIP et de l'IEEE.

Tableau 2-3 : Groupes de travail du comité technique ISO/TC204

Groupes de travail (WG)
Architecture
Qualité et fiabilité
Technologie des bases de données TICS
Collecte d'honoraires et de péages
Gestion de parcs roulants
Commercial/fret
Transports publics/urgences
Information, gestion et contrôle intégrés des transports
Systèmes d'information des voyageurs
Systèmes de navigation et de guidage routier
Système de contrôle et d'avertissement véhicule/chaussée
CDCD pour applications TICS
Communications grandes distances/protocoles et interfaces

Les experts canadiens participent également de près aux travaux des organismes de normalisation ci-après, directement responsables de l'élaboration de normes STI pour l'Amérique du Nord.

- Le NTCIP – est un protocole de communication qui garantit l'interopérabilité et l'interchangeabilité des dispositifs de régulation de la circulation et des STI. Il offre une interface de communication entre des matériels et logiciels différents. Ces normes visent à maximiser l'utilisation de l'infrastructure existante et à permettre son expansion future, sans qu'il soit nécessaire de recourir à un matériel précis, pour autant que l'on dispose du logiciel personnalisé.
- AASHTO – Intéressée de près à des activités sur le terrain, elle est à l'origine de travaux majeurs de normalisation, comme un dictionnaire de données ATMS, des listes de messages pour les CDCD, des spécifications de références de localisation, des listes de messages pour les communications externes du Centre de gestion de la circulation, des interfaces embarquées d'appel de détresse pour véhicules terrestres, un dictionnaire de données et des listes de messages ATIS, une liste de messages pour la gestion des incidents.

Tableau 2-4 : Travaux du NTCIP

Groupes de travail (WG)
Signalisation activée
Normes et protocoles de base
Profils centre-à-centre
Télévision en circuit fermé
Collecte et suivi de données
Environnement
Objets globaux
Comité conjoint NTCIP
Profils
Signalisation et privatisation
Système de capteurs pour les transports
Forum de coordination technique

Les experts canadiens ont participé aux travaux portant sur les listes de messages pour les CDCCD.

- IEEE – Le comité de coordination des normes des systèmes de transports intelligents de l'IEEE SCC a pour rôle d'assurer la coordination, l'élaboration et la tenue à jour de normes, de pratiques recommandées et de lignes directrices reliées aux STI.

Tableau 2-5 : Travaux de l'IEEE

Travaux touchant les normes STI
Guide de développement de systèmes de communication hyperfréquence
Normes touchant les listes de messages pour les communications véhicule-route
Câbles à fibres optiques pour radars anti-collision à bord de véhicules terrestres
Applications de la technologie de réseau optique synchrone (SONET) aux communications STI
Normes touchant les modèles de listes de messages pour systèmes STI
Norme touchant les dictionnaires de données pour systèmes STI
Dictionnaire de données pour systèmes STI – Partie II (repérage et qualificatifs)
Listes de messages pour la gestion des incidents courants, pour centres de gestion des urgences
Listes de messages pour la gestion des incidents de circulation, pour centres de gestion des urgences
Listes de messages pour la gestion des incidents touchant la sécurité publique, pour centres de gestion des urgences
Listes de messages pour la gestion des incidents mettant en cause des marchandises dangereuses, pour centres de gestion des urgences
Dictionnaire de données touchant la gestion des urgences
Listes de messages pour les communications administratives concernant la gestion des applications et des dispositifs en bordure de chaussée

- NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) – Forum de normalisation du matériel électrique.
- Comité d'harmonisation des CDCD de l'ALÉNA (Accord de libre-échange nord-américain) – Vise à harmoniser la technologie CDCD à la grandeur des États-Unis, du Canada et du Mexique. Les représentants du Canada ont joué un rôle de premier plan dans l'harmonisation des normes touchant les véhicules commerciaux circulant sur le réseau routier nord-américain.
- SAE – Source majeure d'information et d'expertise techniques pour la conception, la construction, l'entretien et l'exploitation de véhicules autopropulsés utilisés en transport terrestre, maritime, aérien et aérospatial. Le but principal de cette organisation est le partage d'idées et d'information touchant les systèmes avancés de transport de surface. Le comité technique travaille à l'élaboration de normes pour les systèmes de transports intelligents.



### 3 ENJEUX RELIÉS À L'ARCHITECTURE STI

#### 3.1 SURVOL DES ENJEUX RELIÉS À UNE ARCHITECTURE NATIONALE STI CANADIENNE

Pour cerner les enjeux reliés à l'application de l'architecture nationale STI des États-Unis au contexte canadien, il convient de revoir les buts et objectifs du Plan national de programme STI des États-Unis (NPP). Idéalement, le Canada devrait se prêter à un exercice semblable, afin que la mise en place des STI au pays suive une démarche globale descendante. Le Canada devrait pour l'essentiel reprendre à son compte les buts et objectifs établis par le NPP pour l'architecture nationale STI des États-Unis. Voici ces buts et objectifs :

- Compatibilité et interopérabilité
- Création de débouchés pour le secteur national des STI sur le marché mondial
- Accroissement de la sûreté du réseau de transport de surface
- Augmentation de la productivité et de la capacité du réseau de transport de surface
- Réduction des coûts de carburant et de la pollution associés aux congestions routières
- Haute de la productivité actuelle et future de l'économie
- Accroissement de la mobilité des personnes et de la commodité et du confort du réseau de transport de surface
- Instauration d'un environnement propice au développement et à la mise en oeuvre des STI

Il serait bon de revoir ces buts et objectifs afin de déterminer dans quelle mesure ils peuvent s'appliquer tels quels au Canada. Certaines questions méritent un examen particulièrement attentif, dont les suivantes :

- **Perspective transcanadienne et internationale** – Les buts et objectifs du programme STI devraient faire fond sur le rôle du gouvernement fédéral, qui est d'établir un réseau de transport transparent d'un bout à l'autre du pays, raccordé à des corridors nord-sud et des passages frontaliers tout aussi transparents.
- **Hiérarchisation des buts et objectifs** – Il importe de revoir la hiérarchie des buts et objectifs déterminés par le NPP, afin que le programme canadien obéisse à des orientations appropriées.
- **Ouverture sur l'étranger** – Comme le gros du marché nord-américain des STI est situé hors du Canada, il est important pour l'industrie et les fournisseurs de services indépendants du Canada que l'architecture STI canadienne minimise les incompatibilités et les incohérences, au profit d'une compétitivité maximale du secteur canadien des STI. Cet enjeu a des résonances particulières dans le cas des passages frontaliers et de l'interopérabilité entre les pays de l'ALENA.

Par ailleurs, le réseau canadien de transport de surface est singulier à de nombreux égards. D'où la nécessité de bien soupeser ces caractéristiques distinctives de même que leurs répercussions sur l'adoption par le Canada de l'architecture nationale STI des États-Unis :

- **Caractéristiques du système canadien de transport de surface** – Voici quelques-unes des caractéristiques distinctives du réseau routier du Canada :
  - nécessité de rédiger les signaux et les messages dans les deux langues officielles
  - facteurs environnementaux à prendre en compte dans le choix du matériel STI
  - universalité du système métrique
  - diversité des réglementations en matière de signalisation

- **Conformité de l'infrastructure STI existante** – Il sera important de déterminer le degré de conformité entre l'infrastructure STI existante et l'architecture nationale STI. Dans le cas où on constaterait un faible degré de conformité, il pourrait s'avérer nécessaire d'apporter des modifications mineures à l'architecture nationale STI des États-Unis. À l'inverse, un degré élevé de conformité renforcerait les arguments en faveur de l'adoption par le Canada de l'architecture américaine, démentant la nécessité de coûteuses modifications.
- **Infrastructure de télécommunications** – L'industrie canadienne des télécommunications et l'infrastructure connexe pèsent lourd dans le développement et la mise en place des STI au pays. Il se peut que les écarts qui existent entre le Canada et les États-Unis aux chapitres de l'infrastructure, de l'attribution des fréquences et des conditions de délivrance de permis aient des incidences sur l'adoption par le Canada de l'architecture nationale STI américaine et sur les composants du système de télécommunications connexe.
- **Cadre institutionnel/organisationnel** – Le gouvernement et les organismes de transport canadiens sont structurés de façon passablement différente de leurs homologues américains. Les rôles des diverses instances, leurs rapports et les procédures qu'elles appliquent sont très différents d'un pays à l'autre. D'où la nécessité d'examiner l'influence de ces écarts sur les flux d'information, les interfaces de communication et les rôles des organismes.
- **Financement** – L'adoption, la mise en oeuvre et la mise en service de l'architecture nationale STI des États-Unis sera liée au moins partiellement à l'obtention de financement. Or, le Canada diverge considérablement de son voisin du sud pour ce qui est du financement des initiatives en transport. Il y aura lieu de revoir les sources de financement des STI et les montants disponibles, ainsi que les incidences sur ce financement d'une architecture STI venue des États-Unis.

### **3.2 EXAMEN DES ENJEUX RELIÉS À UNE ARCHITECTURE STI CANADIENNE**

#### **3.2.1 Caractéristiques du système canadien de transport de surface**

Le Canada compte 29 millions d'habitants sur un territoire de 100 000 000 km<sup>2</sup> (réf. 4, annexe A). Pendant que 12 p. cent des Américains vivent dans des agglomérations urbaines de plus d'un million d'habitants, seulement 6 p. cent des Canadiens habitent les trois seules villes canadiennes à dépasser le cap du million de population. Le réseau canadien de voies publiques s'étend sur plus de 900 000 km. Environ 35 p. cent de ce réseau est revêtu, et 57 p. cent est recouvert de gravier (réf. 14, annexe A). À cet égard, les deux pays diffèrent quant aux techniques privilégiées et aux normes de performance. Cela tient aux écarts qui les séparent en ce qui a trait aux enjeux environnementaux, à la réglementation de la circulation et aux exigences linguistiques. On trouvera ci-après des exemples de flux de données ou de définitions de processus de l'architecture nationale américaine qui devraient être retravaillés pour convenir au contexte canadien.

##### **3.2.1.1 Enjeux linguistiques**

Le Canada étant un pays bilingue, certaines dispositions réglementaires imposent une signalisation anglaise et française. Aux États-Unis, l'anglais est la seule langue officielle et on insiste peu (ou pas) sur la signalisation multilingue. L'obligation de bilinguisme peut influer sur le format/contenu des échanges d'information entre les centres de contrôle et les voyageurs. Le transfert d'information entre les sous-systèmes STI doit permettre aux usagers d'utiliser la langue de leur choix. Des exemples de contraintes reliées au bilinguisme : doubles transmissions entre le centre de contrôle et le voyageur/véhicule, affichage bilingue sur les panneaux routiers, communications bilingues entre centres de contrôle. Sont évoqués ci-après des cas où l'obligation de bilinguisme peut avoir une incidence sur l'architecture logique.

### **Communications centre de contrôle – voyageur/véhicule**

Une des incidences majeures du bilinguisme est la nécessité, pour le centre de contrôle, d'émettre deux fois un message ou de l'émettre de façon sélective, en français ou en anglais, selon la préférence indiquée par l'usager, ou encore selon la langue dans laquelle il a accédé au système. Dans l'exemple qui suit, tiré de l'architecture nationale STI des États-Unis, il faudrait tenter de déterminer où insérer un paramètre bilingue dans le flux de données *incident\_description*. Ce flux de données est de fait un sous-flux de données, inscrit sous *traffic\_data\_for\_personal\_device*, qui transmet aux récepteurs personnels des voyageurs des données sur l'état du réseau routier. Le flux de données est transféré du sous-système du fournisseur de services d'information au sous-système personnel d'accès à l'information.

Dans l'architecture nationale STI, l'entrée dictionnaire de données (EDD) est utilisée pour donner une description texte du flux de données et déterminer tout élément de donnée qui le compose. La EDD pour la description de l'incident désigne un dictionnaire prédéfini de trois caractères. Ainsi, cette entrée définit le contenu de *description de l'incident*, mais ne comprend aucun énoncé qui pourrait faire en sorte que le dictionnaire prédéfini soit bilingue. Pour répondre à l'obligation canadienne de bilinguisme, il faudrait que le contenu du dictionnaire prédéfini soit défini comme bilingue, au moyen d'une définition logique de la langue utilisée pour le flux de données *incident\_description*.

L'exigence de bilinguisme des communications devrait également être étendue aux normes en vigueur pertinentes. Ainsi, le protocole international d'échange d'information routière embarquée (ITIIS) comporte 255 codes de messages qui peuvent être transmis au véhicule, traduits à bord à l'aide de messages ou d'un vocabulaire préenregistrés, puis communiqués au conducteur dans la langue de son choix. De nombreuses normes ont été élaborées en Europe pour répondre à l'exigence de bilinguisme, qui constitue à l'évidence un enjeu majeur là-bas. Il convient de noter que les messages ITIIS ont été produits en anglais nord-américain, en français canadien et en espagnol mexicain par le programme Enterprise, de concert avec diverses organisations canadiennes, américaines et mexicaines. L'architecture nationale américaine fait peu usage de l'ITIIS : les États-Unis sont peu concernés par les questions linguistiques et l'ITIIS a été produit ailleurs. Pour que l'architecture nationale STI des États-Unis puisse s'appliquer au contexte canadien, il faudrait impérativement que l'ITIIS y soit intégrée.

### **Communications centre de contrôle – route**

Dans certaines régions du Canada, l'équipement utilisé pour afficher les messages adressés aux automobilistes, comme les panneaux à messages variables (PMV) pourrait devoir afficher en français et en anglais. Déjà, certaines provinces affichent les messages en français et en anglais, et d'autres, dans l'une ou l'autre langue. Dans l'architecture nationale STI des États-Unis, le flux de données *vms\_advisory\_text* contient les détails de la chaîne réelle de caractères qui sera lue par les conducteurs et les piétons. Cette chaîne de caractères est définie de façon à donner diverses informations : route ouverte ou fermée, avertissement d'un incident, mises en garde concernant les conditions météorologiques. Il est clair, à l'examen des EDD de tous les flux de données entre le centre de contrôle et les PMV, que le contenu des flux de données est défini au niveau de l'architecture logique. Pour rendre ces messages bilingues, il faudra inclure la définition de la langue logique dans la définition de l'avis destiné au PMV.

### **Communications centre de contrôle – centre de contrôle**

Le bilinguisme est essentiel pour les communications entre centres de contrôle. Au Canada, il existe des routes qui possèdent des noms différents en français et en anglais, ce qui engendre la nécessité de produire deux séries de cartes routières. Certains employés des centres de gestion de la circulation utilisent des plans dont les rues sont indiquées en français, tandis que d'autres utilisent des plans en anglais. Dans une situation d'urgence, pour que la communication soit efficace sans que les employés

aient à traduire les noms de rue, l'interface des communications de centre à centre devrait permettre d'établir des listes bilingues des noms de rues et d'autoroutes. L'architecture nationale américaine comporte un flux de données désigné *Map\_gazetteer* qui contient la liste des noms de toutes les rues et autoroutes couvertes par les cartes numériques utilisées en arrière-plan pour l'affichage des données de circulation demandées par le personnel de la gestion de la circulation. Il pourra être nécessaire d'inclure un paramètre de bilinguisme dans ce flux de données, afin que la liste des rues et autoroutes contienne les noms français et anglais.

### 3.2.1.2 Enjeux environnementaux

La plupart des régions du Canada connaissent des conditions météorologiques extrêmes, en été aussi bien qu'en hiver. Comparativement, nombreux sont les États américains où les conditions météorologiques sont relativement uniformes, en tout cas sans écarts aussi grands qu'au Canada (pensez à la Californie et à la Floride, p. ex.). Il n'y a donc pas lieu de se préoccuper beaucoup de l'adéquation du matériel STI aux conditions environnementales. Pendant que l'architecture nationale STI américaine peut traiter assez légèrement le facteur environnemental, on peut penser qu'il en va autrement d'une architecture canadienne. Le système COMPASS, en service à Toronto, constitue une illustration de cet enjeu.

Le système de gestion de la circulation autoroutière COMPASS, à Toronto, fait appel à une gamme de dispositifs électroniques, qui vont de caméras de télévision en circuit fermé à de grands panneaux à messages variables (PMV) pour gérer les congestions. Avec l'expérience, on a mis au point des normes qui mettent l'accent sur des bâtis à environnement contrôlé pour chacun des principaux composants électroniques. Les enveloppes des composants électroniques, y compris celles des PMV et des caméras de télévision en circuit fermé ainsi que les boîtiers des contrôleurs sont déjà équipés d'un thermostat et de systèmes de chauffage et de refroidissement. Dans certains États américains, comme la Californie, où les mêmes composants sont en nombre comparable, on accorde moins d'importance au chauffage, car le froid ne pose jamais problème.

De plus, le Canada utilise le système métrique, et les États-Unis, le système anglo-saxon, aux fins de la réglementation de la vitesse. Cela peut mener à des différences considérables entre les logiciels de régulation de la circulation de l'un et l'autre pays, et faire obstacle à l'interopérabilité avec les États-Unis lors de la mise en place des systèmes d'information embarqués pour les communications centre de contrôle – véhicule. La difficulté tient au fait que, quel que soit le système d'unités de mesure utilisé, métrique ou anglo-saxon, les STI sont intimement liés à la mesure (vitesse, longueur du véhicule, durée du trajet, poids, etc.). Or, le système utilisé représente un ordre de grandeur qui aide le voyageur à situer un nombre (la vitesse, p. ex.) dans un système de référence.

Mais l'architecture nationale des États-Unis peut-elle, tout au moins, se plier au système métrique? Voyons un exemple tiré de l'architecture. Pour le flux de données *vehicle\_speed*, qui représente la vitesse du véhicule telle que mesurée par un détecteur de trafic, l'unité de mesure est le mille à l'heure (mi/h), et la valeur maximale, 127 mi/h. Ce flux de données ne pourrait être repris tel quel au Canada, car il faudrait changer l'unité de mesure pour les kilomètres à l'heure. Et pour garantir l'interopérabilité des infrastructures canadienne et américaine, il se pourrait même que l'on doive définir le flux de données *vehicle\_speed* à la fois en km/h et en mi/h.

### 3.2.1.3 Législation

Le Canada adhère, dans l'ensemble, aux dispositions du Manuel d'uniformisation des éléments de contrôle de la circulation. Mais les réglementations canadienne et américaine diffèrent en ce qui a trait à la signalisation routière, aux restrictions imposées à la circulation, aux limites de vitesse et aux limites de poids. Parfois, le Canada et les États-Unis n'en sont pas au même point quant à l'accès à certaines

informations nécessaires pour appliquer une réglementation donnée. Par exemple, le ministère des Transports de l'Ontario est à mettre la touche finale à son Système de cotation de sécurité des transporteurs, qui vise les exploitants de véhicules commerciaux. Or, l'architecture nationale des États-Unis comporte déjà le flux de données *fga\_carrier\_safety\_ratings*, qui contient la cote de sécurité en vigueur d'un transporteur, établie d'après des contrôles routiers antérieurs. Voilà un cas où un écart entre l'information nécessaire à l'application d'une réglementation peut faire obstacle à l'adoption par le Canada de l'architecture nationale des États-Unis.

### 3.2.2 Adéquation de l'infrastructure existante à l'architecture STI

L'adoption par le Canada de l'architecture nationale américaine soulève un enjeu majeur, soit la compatibilité de cette architecture avec l'infrastructure STI canadienne. L'évaluation de cette compatibilité dépassait le mandat de la présente étude, mais les chercheurs ont tout de même mis au point une méthode d'évaluation sommaire.

L'architecture nationale STI des États-Unis comporte un modèle de fonctionnalité STI (architecture logique), un modèle d'entités physiques (architecture physique), et établit des exigences concernant les interfaces, les flux de données et les communications. Cette architecture comporte également des composants d'évaluation des performances.

Une évaluation de conformité consisterait à analyser le mode de réalisation pertinent pour le Canada de diverses applications STI, et à les comparer avec l'architecture nationale américaine. Pour les fins du présent rapport, nous illustrerons par un exemple le processus d'évaluation de conformité. Cet exemple est le système COMPASS, mis en place par la province de l'Ontario sur trois grandes autoroutes de la région métropolitaine de Toronto. Ce système, bien implanté dans le paysage nord-américain, s'appuie sur plus de dix ans de recherche et d'expérience.

Voici les composants de base de l'architecture STI mis en jeu par le système COMPASS :

- **Composants fonctionnels** – Descriptions détaillées des capacités et caractéristiques du système pour chacune des fonctions définies par l'architecture STI (p. ex., la fonction associée à la coordination des feux de circulation implantés aux bretelles d'accès des autoroutes se trouve sous la description fonctionnelle Gestion de la circulation, Signalisation, et indique que ce processus est responsable de la mise en œuvre des stratégies choisies de gestion de la circulation sur l'ensemble ou certaines des bretelles de raccordement aux réseaux de routes régulés).
- **Composants de télécommunications** – Description des moyens de communication nécessaires pour assurer les flux de données associés aux fonctions de l'architecture STI (p. ex., pour les liens informatiques entre instances administratives, l'architecture physique exige que l'infrastructure de communication permette les connexions électroniques entre les centres régionaux de gestion de la circulation (TOC), les logiciels de gestion du transport en commun (TOS) et les centres de contrôle).
- **Composants d'évaluation** – L'architecture STI prévoit diverses mesures d'évaluation continue des initiatives STI (p. ex., pour pouvoir établir l'efficacité d'un projet STI, il faut élaborer et faire approuver un plan d'évaluation comportant une analyse des coûts et des facteurs non techniques, une modélisation du trafic et des communications, et des plans d'évaluation pour l'amélioration et l'expansion du système, afin de démontrer l'efficacité des divers composants du système).
- **Composants de performance** – Détermine les critères de performance du système et des sous-systèmes (p. ex., maximiser les débits – utilise divers composants d'évaluation pour établir et quantifier l'augmentation des débits à un endroit donné).
- **Autres composants** – Coûts et autres composants associés à l'architecture STI.

L'examen du système COMPASS vise les quatre catégories de composants : fonctionnels, de télécommunications, d'évaluation, de performance. L'annexe D rend compte de cette étude de cas. Comme on peut le constater à la partie 6, le système COMPASS offre un degré élevé de conformité avec l'architecture STI. Il convient de souligner que cet exercice a été mené à seules fins d'exemple, pour illustrer le type de problèmes qui pourront se poser au moment d'appliquer l'architecture nationale STI au Canada.

### **3.2.3 Infrastructure de communication**

Nombre des produits et services STI actuels et émergents reposent essentiellement sur les communications sans fil. Le Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes (CRTC) au Canada et la FCC aux États-Unis s'occupent d'attribuer les fréquences de façon à répondre le mieux possible aux besoins des organismes tant publics que privés. Il en résulte donc certains écarts entre les États-Unis et le Canada quant à l'attribution du spectre des radiofréquences. La radiodiffusion numérique (DAB : *Digital Audio Broadcasting*) illustre la portée de ces écarts.

La DAB est un système de transmission sans fil du signal audio et de données, conçu pour la radiodiffusion de données point-multipoint. Certaines organisations responsables de STI dans le monde envisagent la mise en place d'applications qui utiliserait la DAB pour diffuser l'information routière et intégreraient un système de positionnement global (GPS). Les radiodiffuseurs canadiens ont adopté le système Eureka 147 et le CRTC a attribué les fréquences de la bande L à cette application. Les États-Unis envisagent actuellement de recourir à leur propre système breveté IBOC pour des transmissions DAB qui utiliserait les fréquences AM/FM déjà attribuées. Ces écarts dans l'attribution du spectre et les protocoles de communication peuvent se traduire par des différences notables dans les normes ou spécifications globales touchant les applications STI futures utilisant la DAB.

#### **3.2.3.1 Principes de base**

Un des principes sous-jacents à l'élaboration de l'architecture nationale STI des États-Unis était qu'elle devait prendre appui sur les infrastructures de transport et de communication existantes. Cela pour maximiser la faisabilité de l'architecture et pour atténuer le risque inhérent à la création et la mise en place de systèmes, services et produits de transports intelligents relativement nouveaux, auxquels il reste à trouver preneur. Cette polyvalence réduit les contraintes imposées aux services de communication et facilite la mise en œuvre de l'architecture nationale au Canada.

La définition de l'architecture de communication partait du même principe. Ainsi, cette architecture s'appuie sur les fonctions et composants de base du réseau pour définir un modèle de référence de réseau, à partir duquel sont définis les équipements physiques (p. ex., la station de base) nécessaires pour réaliser les fonctions de communications prescrites, et les interfaces entre les équipements. Ces interfaces sont les éléments les plus visibles de l'architecture; certaines doivent être normalisées pour rendre possible l'interopérabilité.

Comme les besoins (de communication) varient grandement d'un service d'usager STI à l'autre, il apparaît clairement, même après un examen sommaire, que tous les services d'usager ne peuvent utiliser le même type de transfert d'information. Plus précisément, des services d'usager comme le Péage électronique sont associés à des besoins de communication que seule peut satisfaire une infrastructure dédiée dotée des caractéristiques techniques voulues, nonobstant les principes établis au niveau institutionnel.

### 3.2.3.2 Buts de l'architecture de communication

Les buts de l'architecture nationale, pour ce qui est du composant communication, peuvent se résumer comme suit :

- Appuyer les services de communication, ce qui comprend la transmission de la voix (la parole), de données, d'images fixes, d'images vidéo, et l'acheminement de la signalisation.
- Desservir un large éventail de terminaux (terminaux fixes, postes mobiles portatifs, postes mobiles embarqués).
- Préserver la compatibilité ascendante/descendante des terminaux.
- Rendre les services accessibles aux usagers mobiles et fixes, peu importe où ils se trouvent (communications transparentes).
- Permettre toutes les combinaisons possibles de services.
- Garantir un usage efficace et économique du spectre.
- Assurer les fonctions d'authentification des usagers et de facturation.
- Doter le réseau de divers niveaux de sécurité protégeant la vie privée des utilisateurs.
- Présenter une structure modulaire permettant au système d'évoluer d'une configuration simple et modeste à une configuration plus vaste et plus complexe, au besoin.
- Utiliser des architectures ouvertes pouvant facilement intégrer des progrès technologiques et de nouvelles applications.

De tels buts favorisent la mise en commun par les STI de ressources rares et précieuses, partage qui permet en retour de répartir le coût des ressources sur un large bassin d'usagers. En se réclamant de l'héritage de la grande industrie des télécommunications, qui a bâti son succès sur la sensibilité aux besoins des usagers, les STI auront en main tous les atouts nécessaires pour pénétrer le marché. Une telle démarche «graduelle» est essentielle pour maximiser la faisabilité de l'architecture, et pour atténuer le risque inhérent à la création et à la mise en place de systèmes, services et produits de transports intelligents relativement nouveaux, auxquels il reste à trouver preneur.

### 3.2.3.3 Enjeux reliés à la mise en place des STI au Canada

Selon un rapport publié par ADGA Systems International Ltd. (*Assessment of Communication Needs and Standards for Intelligent Vehicle-Highway Systems – IVHS*), trois niveaux de services STI exercent l'influence la plus directe sur l'architecture et l'intégrité des communications. Ce sont : les services d'information générale, diffusée à l'ensemble des usagers (p. ex., radio diffusant l'information sur l'état des routes), les services interactifs de guidage routier, fournis sur demande, et les services d'aide à la conduite, interactifs eux aussi, mais qui ne nécessitent pas de demande, assurés par un système de navigation embarqué. Sur le plan technique, ces communications sont réalisées par des réseaux câblés ou sans fil.

#### Considérations techniques

##### Communications par câbles

La mise en oeuvre au Canada de l'architecture des communications par câbles ne pose pas de problème technique. Voici quelques-unes des nombreuses options possibles :

- le réseau de base existant à câblage en fils de cuivre, qui, grâce à des innovations récentes de Nortel, entre autres, peuvent aujourd'hui prendre en charge des débits de données considérablement plus élevés que ne l'exigent la plupart des services STI;

- les fibres optiques, qui ont tendance à devenir la norme pour les réseaux locaux de même que pour les communications longue distance économiques;
- les réseaux hertziens multi-point;
- les câbles pour haute-fréquence (RF), tels que ceux utilisés par l'industrie de la câblodistribution.

### *Communications sans fil*

Les couches physiques des réseaux sans fil sont plus précieuses, pour les utilisateurs STI, que les réseaux de câbles. Souvent, l'usager STI relié à un réseau sans fil a acheté, ou loué, son équipement terminal, qu'il transporte avec lui ou qui reste fixe à bord de son véhicule. Il est donc souhaitable de réduire au minimum le nombre d'équipements différents dont l'usager doit être muni lorsque lui, ou son véhicule, traverse différentes zones de service STI ou entre en liaison avec différents fournisseurs de services STI.

### *Communications longue portée*

#### **Radiodiffusion**

On peut normalement s'attendre que la plupart des véhicules s'abonneront à une forme ou l'autre de service de radiodiffusion, ne serait-ce qu'à des fins de divertissement, et que ces services seront demandés par les véhicules qui franchiront des zones étendues. La radiodiffusion est donc tout indiquée pour la transmission des données sur la circulation à de très grands nombres d'usagers. Il convient toutefois de rappeler que l'information ainsi transmise n'est adaptée à aucun usager en particulier et qu'une certaine forme de filtrage intelligent sera nécessaire au niveau du véhicule pour éviter que l'auditeur devienne blasé devant la surcharge d'information.

En même temps que l'industrie de la radiodiffusion cherche des moyens d'améliorer et d'étendre ses services, émergent un certain nombre de technologies candidates à ces fonctions. Ces technologies appartiennent à deux catégories :

- **Radio analogique standard à sous-porteuse FM.** Les États-Unis envisagent deux modes de mise en oeuvre de ces technologies pour les STI : un canal radio de données (DARC : *Data Radio Channel*) et un canal d'information routière à sous-porteuse (STIC : *Subcarrier Traffic Information Channel*). Si l'on se fie aux annonces faites récemment par la *Consumer Electronics Manufacturers Association* (CEMA), il semble que l'on privilégiera le système DARC pour les services STI en sous-porteuse. Ce système deviendra la norme EIA-794, largement fondée sur le standard européen RDS (*Radio Data Service*), utilisé depuis plusieurs années pour les applications STI. Le procédé RDS transmet les données à faible débit (~ 1 200 bauds) et permet diverses applications, comme le radio texte et la programmation radio. Les fabricants et les radiodiffuseurs canadiens étudient la possibilité d'utiliser le RDS – *Traffic Message Channel* (RDS-TMC) pour la transmission de l'information routière en sous-porteuse FM.
- **Radiodiffusion numérique (DAB).** Des procédés de radiodiffusion numérique ont été mis au point en Europe (Eureka 147), qui permettent d'exploiter des bandes audio multiples (5) ainsi que des canaux de transmission de données grande capacité. Ils sont particulièrement bien adaptés au contexte européen, où un même radiodiffuseur peut avoir des émissions sur plusieurs bandes. Mais de l'opposition s'est manifestée aux États-Unis, en particulier de la part des petits diffuseurs, qui n'ont pas les fonds pour les travaux d'immobilisation nécessaires, et qui craignent de perdre leur part de marché au profit des grands diffuseurs qui sont mieux en mesure d'absorber les coûts d'une mutation technologique.

Il est à prévoir que les annonces récentes de la FCC susciteront la mise en place de ces nouvelles technologies aux États-Unis, dans un avenir prévisible. L'immense parc d'équipements déjà en service et

le peu de fréquences disponibles influeront sur le rythme de mise en oeuvre de l'une ou l'autre catégorie de technologies. Il est donc peu probable que l'on assiste à une vaste expansion des nouvelles technologies avant plusieurs années. Mais il y a fort à parier que les formidables capacités associées aux nouvelles technologies numériques décourageront l'adjonction de systèmes à sous-porteuse aux technologies analogiques existantes pour des services STI en sous-porteuse, ce qui pourrait aussi freiner l'utilisation de la radiodiffusion pour les applications STI.

#### *Communications bidirectionnelles longue portée*

Les communications bidirectionnelles longue portée se subdivisent en deux catégories :

- les communications publiques, dont les services de radiocommunications cellulaires et les services de communications personnelles (SCP);
- les communications privées, comme les services de répartition radio.

L'utilisation quasi universelle des services de radio cellulaire font de ceux-ci des véhicules de choix pour les transmissions STI. Plusieurs normes concurrentes se partagent actuellement le monde de la téléphonie cellulaire et des services de communications personnelles, ce qui rend encore plus complexe le choix de l'équipement destiné à l'usager STI. Les premiers systèmes de téléphonie cellulaire faisaient appel à la commutation de circuits pour établir une liaison en temps partagé entre un abonné et un ensemble partagé de bandes radio. La commutation de circuits convient mal aux transactions de courte durée associées aux brefs messages relayés au sein des architectures STI. Les générations récentes de systèmes de téléphonie cellulaire, qui utilisent les techniques AMRT (accès multiple par répartition dans le temps) et AMCR (accès multiple par code de répartition) conviennent mieux aux messages de courte durée, et aux communications STI. Les études du trafic de télécommunication révèlent cependant que les STI engendreront un faible volume de trafic, comparativement aux volumes de parole et de données transitant sur les réseaux cellulaires. On peut donc s'attendre que les STI ne recevront pas de traitement spécial de la part des fournisseurs de services de communications cellulaires, et qu'ils devront s'ajuster aux formats et protocoles du système hôte.

Le règlement intervenu entre Ericsson et Qualcom concernant les droits de propriété intellectuelle rattachés à la technologie AMCR est perçu par les observateurs de l'industrie comme ouvrant la voie à une norme AMCR commune, qui aurait alors toutes les chances d'être reconnue comme norme internationale unique. Il y aurait lieu de se pencher plus avant sur les répercussions du règlement Ericsson-Qualcom.

Les utilisateurs de services de répartition sont habituellement des véhicules spécialisés, qui sont sur la route toute la journée et pour lesquels le temps est véritablement de l'argent. Les retombées économiques des STI sont sans doute plus grandes pour ce genre de véhicules que pour tout autre. Contrairement aux services pour véhicules commerciaux, qui ont généralement une grande portée, la couverture des services de répartition se limite souvent à une ville ou une région.

Les systèmes de répartition sont dans la plupart des cas des systèmes analogiques qui font appel à des modems externes pour la communication de données. On peut prévoir que la baisse des coûts de la technologie numérique mise au point pour les systèmes cellulaires suscitera une migration vers les transmissions numériques. Les systèmes de répartition radio pourraient alors apparaître, aux yeux de ces usagers qui accordent une grande valeur aux communications, un moyen efficace de transmettre les données STI. Comme la plupart de ces systèmes demeureront privés, le volume global de trafic de chaque STI sera faible, et il faudra probablement prévoir une forme de passerelle intelligente entre la radio de répartition et le service STI.

### *Communications courte distance*

Même si, tôt dans l'élaboration de l'architecture américaine, l'idée d'un système de communications universelles courte distance a été abandonnée, on a quand même reconnu que les communications courte distance occupent une place essentielle dans la triade des services de communications. Fondamentalement, ces communications ne servaient qu'aux applications très circonscrites dans l'espace, comme le péage électronique, la gestion et le contrôle des véhicules commerciaux, les terrains de stationnement et les formalités douanières. D'où leur désignation : Communications dédiées courte distance (CDCD). Il existe présentement quelque 11 millions de postes mobiles (appelés transpondeurs, bien que la plupart sont de fait des émetteurs-récepteurs) en circulation en Amérique du Nord. Tous utilisent la bande de 915 MHz et près des deux tiers sont des émetteurs-récepteurs actifs, par opposition aux transpondeurs de rétrodiffusion. Les fabricants canadiens produisent la plupart des systèmes CDCD vendus en Amérique du Nord. Deux technologies se disputent le marché : l'active et la passive. À des fins d'interopérabilité, les normes provisoires canadiennes sur les CDCD appuient uniquement la technologie active, la plus évoluée et la plus puissante. On a toutefois assisté, surtout aux États-Unis, à une prolifération de spécifications privées et incompatibles utilisant la bande ISM 900 MHz, couramment utilisée pour le péage électronique. Les promoteurs d'une norme nord-américaine multi-applications voient dans l'attribution de la fréquence 5,8 GHz aux CDCD et l'élaboration d'une norme pour encadrer l'utilisation de cette fréquence, la promesse d'une interopérabilité à grande échelle d'ici 5 à 10 ans. En attendant, les pays signataires de l'ALÉNA ont convenu d'adhérer à une norme provisoire touchant les opérations de véhicules commerciaux – CVO (norme élaborée par le Canada). Divers corridors CVO (corridor HELP, programme North West Green, I-75, AVION en Ontario), des postes frontaliers entre le Canada et les États-Unis et entre les États-Unis et le Mexique, et le système de péage électronique de la route 407, en Ontario, ont adopté cette norme.

Le protocole Bluetooth est une autre percée importante du domaine des CDCD, qui risque d'influer sur les STI. Mis au point par un consortium réunissant des entreprises américaines, européennes et japonaises, ce protocole, contrairement à de nombreux autres protocoles dans les bandes 900 MHz et 5,8 GHz, constituera une norme ouverte mondiale, fonctionnant dans la bande 2,4 GHz. Bluetooth définit toutes les couches, y compris la couche physique, du modèle de communications, à l'exception de la couche application (normalement définie par les ordinateurs qu'il relie). La principale application de Bluetooth est l'établissement de connexions sans fil courte distance entre ordinateurs, périphériques et autres dispositifs électroniques.

Caractéristique qui intéressera de nombreux usagers, Bluetooth offre un degré de sécurité très élevé, grâce à un cryptage poussé et à une fonction d'authentification encore plus poussée. Bluetooth pourra relier plusieurs usagers rapprochés (jusqu'à 7) sans interférence, assurer la transmission de la parole et de données, et servir d'interface directe avec la couche application. Avec un chiffre d'affaires prévu de 500 millions de dollars par année, Bluetooth se retrouvera dans tous les ordinateurs, les téléphones cellulaires et de nombreux autres dispositifs électroniques. Avec une portée de 10 à 100 mètres, selon la puissance de sortie et l'antenne, ce réseau pourrait s'avérer une solution économique pour les communications STI courte distance. L'annexe E donne une description succincte de Bluetooth.

### *Communications véhicule – véhicule*

De nombreux systèmes de communications véhicule – véhicule utilisent des fréquences très élevées. Certaines de ces bandes de fréquences élevées pourraient, outre les communications, servir à des applications comme la mesure de courtes distances. À mesure que se généraliseront ces systèmes, on pourra penser à les intégrer à des applications anti-collision fonctionnant soit en mode complètement autonome, soit en mode coopératif. Le fonctionnement en mode autonome comporte très peu d'incidence sur les moyens de mise en oeuvre. Mais pour le mode «coopératif», qui pourrait convenir aux applications

ferroviaires, il faudra une norme universelle. L'élaboration d'une telle norme sera vraisemblablement entreprise par l'industrie automobile.

### **3.2.3.4 Enjeux institutionnels**

Les exigences de nature organisationnelle, financière et juridique peuvent susciter des enjeux institutionnels. Ainsi, la nécessité pour les organismes de coopérer au financement de la mise en place et de l'exploitation des systèmes, et de définir leurs responsabilités et droits de propriété intellectuelle respectifs, peut poser des obstacles à la mise en oeuvre des STI. D'où l'importance de résoudre les enjeux institutionnels, afin que puisse être mise en oeuvre l'infrastructure de communication optimale à l'appui des STI.

#### **Communications par câbles**

La déréglementation des télécommunications, qui a fait de la concurrence la règle du jeu dans cet univers, a éliminé nombre des entraves qui auraient autrefois géné la fourniture de services de communications STI. En effet, il est maintenant possible, à toutes fins utiles, d'interconnecter n'importe quel service à l'infrastructure existante : non seulement des services techniquement différents mais aussi des services offerts par des fournisseurs indépendants. Nombre de contraintes ont ainsi disparu.

Dans un tel contexte, il se pourrait que le problème le plus épineux soit celui de la demande. Car, à moins d'une demande suffisante, ni les grands fournisseurs de services polyvalents, ni les petits fournisseurs de services spécialisés ne pourront survivre. Des subventions publiques seront alors peut-être nécessaires, dans un premier temps, soit sous la forme d'un financement, soit par l'attribution de droits de passage le long des routes.

#### **Communications sans fil**

##### *Radiodiffusion*

Contrairement aux États-Unis, le Canada possède un radiodiffuseur public, dont le signal se rend partout au pays, auquel se greffent des petits diffuseurs privés. Il est possible de penser à la possibilité que Radio-Canada/CBC, organisme financé par les fonds publics, offre des services STI dans tout le pays, ce que ne peuvent pas faire aussi facilement les radiodiffuseurs privés. Mais comme l'auditoire des radiodiffuseurs privés est plus nombreux, il est à souhaiter que les services STI soient assurés par les deux types de radiodiffuseurs. Les radiodiffuseurs publics et privés ont fait preuve jusqu'à maintenant d'un bon esprit de coopération, mais il faudra veiller à ce que les intérêts économiques et concurrentiels des uns et des autres s'harmonisent, de façon à préserver la bonne entente.

##### *Communications bidirectionnelles*

Comme la plupart des services de communication bidirectionnelle sans fil sont ou bien privés, ou bien obtenus sur le marché très concurrentiel des communications cellulaires, il est peu probable que ce type de communications soulève des enjeux réglementaires. L'enjeu principal aura trait, peut-on penser, à la responsabilité : qui doit être tenu responsable si un conducteur, se fiant à l'information STI, est retardé par la circulation ou a un accident? Autre enjeu : comment garantir que les fournisseurs de services STI aient tous accès également, ou aient un degré d'accès convenu, à l'information STI détenue par les organismes de transport?

## **Enjeux reliés à l'architecture de communication**

Il existe, à l'heure actuelle, un réseau privé de données sans fil capable de satisfaire aux besoins prévus des STI. Les réseaux de données sans fil de demain, et les réseaux privés de communication sans fil en général, seront encore mieux en mesure de répondre aux besoins. Il restera donc peu d'obstacles techniques à la mise en oeuvre au Canada d'une architecture STI compatible avec l'architecture nationale des États-Unis.

Compte tenu des possibilités offertes aujourd'hui par les réseaux de fibres optiques, soit loués, soit détenus en propre, l'adéquation des réseaux de communications par câbles ne pose pas vraiment problème. Les principaux enjeux ont donc trait aux coûts d'installation et d'exploitation des réseaux, dans un scénario donné de mise en oeuvre des STI.

Voici quelques questions qu'il importe d'examiner afin de déterminer l'adéquation de l'architecture nationale STI des États-Unis à la situation canadienne :

- le passage des CDCD de la bande 900 MHz à la bande 5,8 GHz;
- la notion de responsabilité se rattachant à l'information routière diffusée par les radios publiques;
- les normes de radio numérique à adopter pour la radiodiffusion au Canada et en Amérique du Nord;
- l'élaboration future de normes AMCR pour les services de communications cellulaires et de communications personnelles.

### **3.2.4 Intervenants**

On compte, au Canada, cinq grands groupes d'intervenants : les gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux; le monde universitaire; les fournisseurs privés de services de transport; les fournisseurs et fabricants de STI; et les usagers de STI. Divers ministères fédéraux, comme Transports Canada (TC), Industrie Canada, Environnement Canada et le ministère des Affaires étrangères et du Commerce international (MAECI), sont concernés. Les intérêts des gouvernements provinciaux sont défendus par les ministères des Transports des provinces. Quant à ceux des municipalités, ils sont habituellement représentés par leur service des transports et des travaux publics.

Il incombe au gouvernement fédéral de veiller à la mise en place de normes et de règlements nationaux propres à favoriser la fourniture de services de transport transparents dans l'ensemble du pays. Les ministères fédéraux qui ont été les plus actifs dans le dossier des STI sont Transports Canada et Industrie Canada. Ces ministères ont notamment participé à l'examen des technologies et des politiques STI, en marge d'une évaluation globale de la base industrielle STI au Canada. Transports Canada a pour mission d'«établir et administrer des politiques, règlements et services pour le meilleur réseau de transport qui soit pour le Canada et les Canadiens». Celle d'Industrie Canada consiste à favoriser l'essor d'une économie canadienne concurrentielle, axée sur le savoir. Environnement Canada et le MAECI sont aussi intéressés aux STI. Le premier parce que les systèmes de gestion de la circulation et d'information des voyageurs génèrent des économies d'énergie et des réductions des émissions polluantes. Enfin, il appartient au MAECI de négocier, sur la scène internationale, des accords de commerce et d'investissement, au nom des fabricants et fournisseurs canadiens de produits et services STI.

Les gouvernements provinciaux sont responsables de la réglementation et de la délivrance de permis touchant les véhicules commerciaux et les véhicules personnels. Ils perçoivent également des taxes sur l'essence, qui servent à compenser une partie des coûts associés à ces fonctions. Les ministères provinciaux des Transports s'occupent de divers aspects de la recherche, du développement et de la mise en oeuvre de projets STI, comme des systèmes de gestion de la circulation sur les routes provinciales, les opérations des véhicules commerciaux et l'administration de certaines routes à péage.

Quant aux administrations municipales, elles sont responsables des STI qui équipent les voies de circulation qui sillonnent leur territoire. Elles ont également la charge du transport en commun, dont elles s'acquittent par l'intermédiaire de sociétés de transport. Parmi les services de gestion de la circulation assurés par les municipalités, figurent la signalisation, la gestion de la circulation autoroutière et les services d'intervention. Les licences d'exploitation d'un commerce, comme en sont les permis de taxi, sont délivrées par les services municipaux.

Le secteur des STI fournit les produits et les services nécessaires aux applications STI. Il regroupe plusieurs entreprises et organismes distincts. Ainsi, certaines entreprises sont spécialisées dans la fourniture d'équipements de communications (cellulaires, CDCC, par câbles et DAB). D'autres offrent plutôt des services STI. De plus, certains services STI, comme le pré-dédouanement des véhicules commerciaux, peuvent appuyer des applications diverses, comme l'aide automatique aux formalités de douanes et d'immigration, aux postes frontaliers.

Enfin, pour ce qui est de STI Canada, il s'agit d'un forum ouvert à tous les Canadiens intéressés aux STI, au sein duquel ils peuvent échanger sur les plus récents progrès des STI, au Canada et à l'étranger. Sa mission est de promouvoir les applications STI au Canada.

Le tableau 3-1 résume le plan d'action proposé (réf. 4, annexe A). Selon ce plan, il revient à Transports Canada, à Industrie Canada et à STI Canada de prendre l'initiative de l'élaboration de stratégies de marchés, de la veille technologique, du développement industriel et de l'établissement de normes dans le domaine des STI. La mention du rôle des organismes de soutien ne doit pas être interprétée comme un besoin de ressources supplémentaires : il s'agit plutôt d'un ensemble précis de gestes qui contribuent au plan global, que les organismes peuvent faire dans le cadre de leurs activités normales et/ou de leur structure administrative.

Tableau 3-1 : Plan d'action proposé

Plan d'action	Organismes de soutien
<b>Organisme responsable : Transports Canada</b>	
Encourager/mettre sur pied des initiatives destinées à mettre en valeur les entreprises et l'expertise canadiennes	Industrie Canada, STI Canada, Revenu Canada, Immigration Canada, Finances Canada, gouvernements provinciaux, administrations municipales
Surveiller l'évolution des technologies de base, en particulier à l'étranger	Industrie Canada, STI Canada, industrie, universités, CNRC
Promouvoir les contacts entre gouvernements au sujet des aspects techniques des STI – surtout avec les États-Unis	Industrie Canada, MAECI, gouvernements provinciaux
Assurer le soutien technique des travaux de développement de produits et mettre en valeur les entreprises canadiennes face aux travaux de développement de projets STI	Industrie Canada, CNRC, CRAD, TC/CDT, universités, gouvernements provinciaux, administrations municipales, organismes fédéraux
Participer aux comités internationaux de normalisation (ISO, NTCIP, ASTM, CEN)	CCS, Industrie Canada, CRC, CNRC, industrie, STI Canada
Encourager la coordination et la coopération entre le Canada et les États-Unis pour ce qui est de l'établissement de normes STI à l'échelle de l'Amérique du Nord	Industrie Canada, industrie, STI Canada, CRC

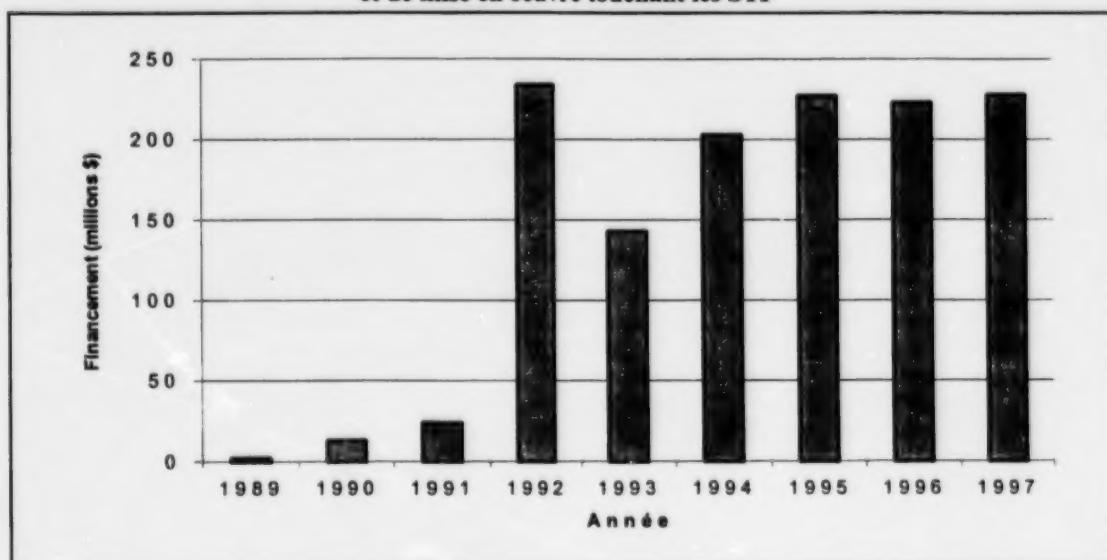
Plan d'action	Organismes de soutien
<b>Organisme responsable : Industrie Canada</b>	
Cerner des occasions d'affaires à l'étranger pour les fournisseurs canadiens de technologies STI	Transports Canada STI Canada, MAECI, ACDI
Aider l'industrie à profiter des débouchés offerts	MAECI, ACDI, gouvernements provinciaux, CCC, SEE
Assurer la coordination au sein du gouvernement en ce qui a trait aux intérêts du secteur des STI	Transports Canada
Offrir des programmes de partenariat de soutien à la recherche	Transports Canada universités, CRSNG, CNRC (PARI), programme PTC
<b>Organisme responsable : STI Canada</b>	
Coordonner/encourager la présence du secteur canadien des STI sur la scène internationale	Industrie Canada, Transports Canada
Conseiller le gouvernement sur les mesures à prendre pour promouvoir et développer la base industrielle canadienne dans le domaine des STI	Industrie, universités, gouvernements provinciaux
Conseiller le gouvernement sur les normes STI nécessaires	CRC, industrie groupes d'utilisateurs de technologies STI ITE, CSCE, ATC, ACTU, OTC

### 3.2.5 Financement

Les projets STI menés aux États-Unis sont financés par le gouvernement américain depuis le début des années 1990, à même les provisions constituées aux termes de l'ISTEA (*Intermodal Surface Transportation Efficiency Act*), promulguée en 1991, qui s'élevaient à 6,66 milliards \$ (réf. 8, annexe A). Le budget ordinaire du DOT comporte également des crédits pour le programme STI. La figure 3-1 (réf. 4, annexe A) présente un résumé des fonds publics alloués par le gouvernement central au titre des programmes de recherche et développement et de mise en oeuvre des STI aux États-Unis. Au Canada, le gouvernement fédéral a attribué des fonds pour les STI, par l'intermédiaire de programmes de R&D. Les gouvernements provinciaux et municipaux ont alloué des montants aux STI par l'entremise de programmes de transport et de projets spéciaux.

Aux termes de la TEA-21, le U.S. DOT finance les STI en marge du *ITS Deployment Program*, qui comprend deux volets : le *ITS Integration Program* et le *Commercial Vehicle Intelligent Transportation Infrastructure Deployment Program*, mieux connu sous le nom de programme CVISN (*Commercial Vehicle Information Systems and Networks*). Pour l'exercice 2000, 80 millions de dollars de ces fonds fédéraux ont été consacrés à l'intégration de composants STI multimodaux dans des régions métropolitaines, des zones rurales, ou encore à l'échelle d'un État, de plusieurs États ou de plusieurs villes. Des fonds de 30,2 millions de dollars ont par ailleurs été alloués pour améliorer la sûreté et la productivité des véhicules commerciaux et des chauffeurs professionnels, et pour réduire les coûts reliés à l'exploitation des véhicules commerciaux et à la conformité au programme CVISN.

Figure 3-1 : Montants accordés par le gouvernement fédéral américain au titre de projets de R&D et de mise en oeuvre touchant les STI



Le programme canadien de mise en oeuvre des STI ne dispose pas des mêmes niveaux de financement. À l'heure actuelle, la mise en oeuvre des STI ne reçoit aucune financement particulier du gouvernement fédéral. Il faut toutefois reconnaître qu'il existe, au palier fédéral, des programmes par lesquels les STI pourraient être financés. Par exemple, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) offre des occasions aux entreprises canadiennes de mettre au point des infrastructures et des technologies STI en participant au financement de travaux de R&D associatifs menés par des scientifiques et des ingénieurs dans les universités. Autre exemple : le Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI), qui réalise des projets de recherche de concert avec l'industrie canadienne, par l'entremise du Programme de partenariat de recherche du CNRC-CRSNG. Au nombre des autres partenaires possibles on compte le MAECI et Environnement Canada. Le mandat du MAECI comporte deux volets qui présentent un intérêt tout particulier pour les planificateurs de STI, soit : «coordonner les relations économiques du Canada» et «stimuler le commerce international du Canada». Ces mandats évoquent de façon éloquente la responsabilité qui incombe au MAECI d'appuyer les produits et services STI canadiens, en aidant financièrement l'industrie canadienne à pénétrer les marchés internationaux. Environnement Canada pourrait participer au financement de projets dans le cadre de son plan vert.

Le fait de pouvoir compter sur du financement est essentiel à la mise en oeuvre et la coordination de programmes STI. Pour faire en sorte que les projets de mise en oeuvre de STI puissent avoir accès à du financement, il est impérieux de mettre sur pied un programme national canadien des STI. L'engagement de fonds pour les STI est le seul moyen de garantir une mise en oeuvre cohérente et compatible des STI à l'échelle nationale. Le gouvernement fédéral américain a engagé des sommes de plus de 200 millions de dollars par année depuis 1994 pour des projets STI. Toutes proportions gardées, pour fournir un effort semblable, le Canada devrait consacrer 25 millions de dollars par année aux projets canadiens du domaine des STI.

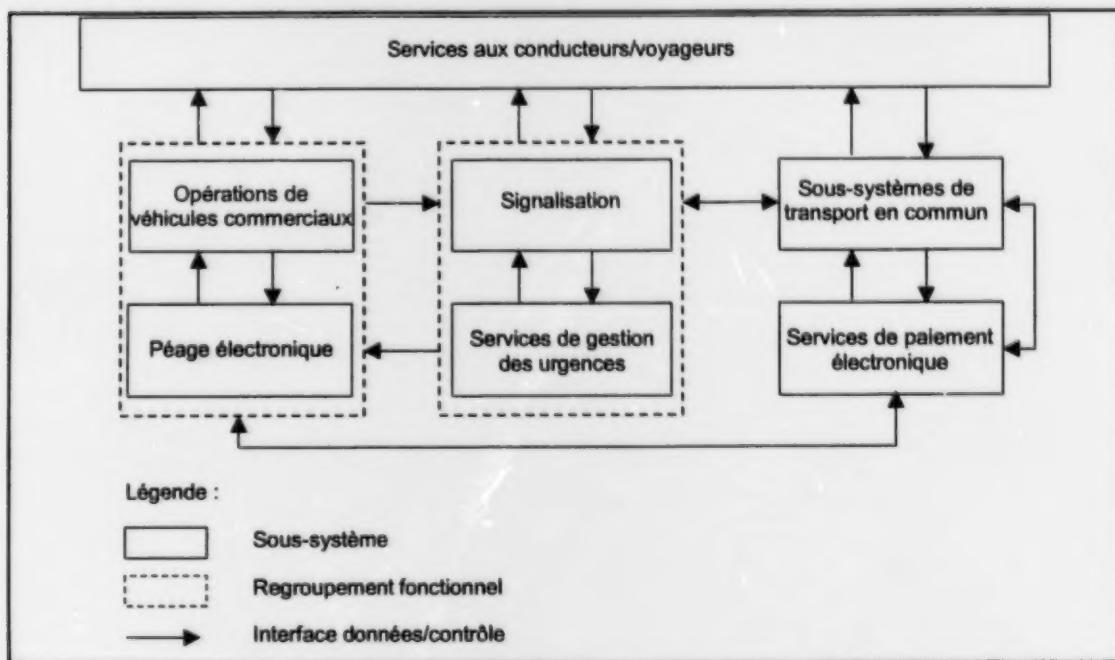
### 3.3 ARCHITECTURE NATIONALE STI CANADIENNE

#### 3.3.1 Examen d'une variante d'architecture

L'architecture nationale STI des États-Unis comporte une documentation importante qui s'avère très pertinente dans le contexte canadien. L'architecture de système offre un cadre pour la conception de systèmes. Pour la mise au point d'un système, on pourrait, dans un premier temps, examiner l'architecture à un niveau conceptuel et trouver des exemples de diverses mises en oeuvre de STI.

La figure 3-2 illustre une architecture partiellement décentralisée qui reflète, par exemple, les recouplements entre les applications Opérations de véhicules commerciaux et Péage électronique. Dans cet exemple, les fonctions logiques peuvent être regroupées.

Figure 3-2 : Projet de variante d'architecture



Une étude approfondie sera nécessaire pour déterminer l'architecture candidate la mieux adaptée à l'environnement canadien.

#### 3.4 ENJEUX À EXAMINER PLUS AVANT

Voici une liste succincte des enjeux qu'il y aura lieu d'examiner plus avant afin de déterminer l'adéquation de l'architecture nationale STI des États-Unis à la situation canadienne. Ces enjeux sont reliés à la «situation canadienne», aux «institutions» et aux «communications».

### 3.4.1 Situation canadienne

- Accorder des ressources pour la mise en valeur et la démonstration des technologies STI avancées.
- Favoriser les technologies STI qui apportent des avantages immédiats aux usagers, comme celles qui ont trait aux opérations de véhicules commerciaux et au péage électronique, de façon à faire le meilleur usage des rares ressources.
- Élaborer une architecture STI qui convient aux villes de taille moyenne, car seulement trois villes au Canada (réf. 4, annexe A) dépassent la barre du million d'habitants.
- Inclure dans les normes sur les sous-systèmes STI des dispositions faisant en sorte que le matériel utilisé soit adapté aux conditions climatiques canadiennes et aux techniques de maintenance en vigueur.
- Veiller à ce que les normes assurent l'interopérabilité des systèmes STI à la grandeur de l'Amérique du Nord.
- Offrir des incitatifs pour susciter la demande de STI sur le marché intérieur, par la promotion et la différentiation des produits STI.

### 3.4.2 Institutions

- Veiller à la mise sur pied d'une instance nationale de coordination (sans pouvoir coercitif) chargée d'assurer la participation de tous les secteurs à l'élaboration de l'architecture.
- Construire un véritable partenariat entre le gouvernement et l'industrie concernant les STI.
- Trouver et fournir un financement qui agira comme catalyseur pour susciter des projets de STI à tous les paliers de gouvernement au Canada.
- Promouvoir la coordination et la coopération internationales afin de favoriser l'ouverture de nouveaux marchés pour les entreprises canadiennes du secteur des STI.
- Accroître la visibilité des STI et de leurs avantages, concourir à la vitalité du secteur canadien des STI et participer aux travaux de normalisation, par la voie d'initiatives gouvernementales.
- Résoudre les problèmes de légalité, de responsabilité, de confidentialité et de sécurité soulevés par les STI.

### 3.4.3 Communications

- Faire le relevé des fournisseurs de services et des organismes de réglementation intéressés aux communications STI.
- Déterminer les fréquences appropriées pour les STI dans tout le Canada. Combiner les éléments des divers types de communications nécessaires aux STI en un tout unifié doté de sa (ses) propre(s) bande(s) de fréquences.
- Favoriser des attributions de fréquences propres à garantir une qualité et une densité maximales de services STI en contrepartie d'une utilisation minimale des ressources du spectre, ouvrant ainsi la voie à des services STI transparents à l'échelle de tout le Canada, voire de l'Amérique du Nord.
- Encourager les entreprises à fournir des services de communication STI fiables et accessibles.
- Envisager d'étendre la portée des protocoles STI relatifs aux équipements terminaux pour qu'ils englobent les protocoles des couches réseau et infrastructure.
- Déterminer à quels organismes ou instances il revient de statuer sur les normes de communications applicables aux STI afin de garantir l'interopérabilité entre les systèmes.

### 3.5 ÉTAPES VERS L'ÉLABORATION D'UNE ARCHITECTURE STI CANADIENNE

- **Élaborer un énoncé de vision pour la mise en place des STI au Canada** – Cet énoncé devrait s'inspirer de l'architecture américaine et guider la mise en place des STI au Canada au cours des vingt prochaines années, c'est-à-dire indiquer comment faire passer l'architecture STI de la vision à la réalité.
- **Confirmer les définitions pertinentes de l'architecture nationale STI** – Confirmer les définitions pertinentes, comme celles des services d'usager (*ITS user services*) et des catégories de services (*ITS user bundles*). Examiner en outre la pertinence des définitions des processus et des flux de données pour la situation canadienne.
- **Examiner les enjeux** – Examiner les enjeux, comme le cadre institutionnel, l'interopérabilité, les communications, les exigences linguistiques et l'utilisation du système métrique, afin de cerner les secteurs de l'architecture américaine qui ne conviennent pas à la situation canadienne.
- **Élaborer des solutions de rechange** – Offrir des solutions de rechange permettant d'adapter l'architecture STI américaine à la situation canadienne.
- **Analyser les solutions** – Lancer des projets expérimentaux pour vérifier que les solutions envisagées répondent bien aux besoins.
- **Recommander des adaptations régionales de l'architecture STI américaine** – Évaluer la mise en place des STI à l'échelle régionale. Établir des limites régionales qui facilitent une mise en place «transparente» des STI.
- **Définir les rôles/responsabilités** – Établir clairement les rôles et les responsabilités de tous les intervenants, afin de garantir une mise en oeuvre efficace des STI.
- **Élaborer des plans de mise en oeuvre/financement** – Élaborer des stratégies pour une mise en oeuvre graduelle des services STI, de même que des plans pour trouver les fonds nécessaires à cette mise en oeuvre.

#### **4 CONCLUSION**

Les États-Unis ont entrepris l'élaboration de normes et la mise en place de projets STI qui cadrent avec leur architecture nationale STI. Présentement, ils sont à élaborer une liste de normes essentielles, des lignes directrices pour établir la conformité à l'architecture nationale STI des États-Unis, et des architectures régionales. L'architecture nationale STI des États-Unis est compatible, globalement, avec l'infrastructure des STI en place au Canada. Il apparaît avantageux pour les planificateurs canadiens de STI se fonder sur la *U.S. National ITS Architecture* pour élaborer l'architecture nationale STI du Canada.

On trouve déjà au Canada, particulièrement en Ontario, au Québec et en Colombie-Britannique, des exemples de toutes les catégories de services STI définies par l'architecture américaine, à l'exception des systèmes avancés de sécurité et de contrôle des véhicules. Le besoin d'une architecture STI canadienne s'impose de plus en plus, surtout si l'on pense à la nécessité de garantir l'interopérabilité des systèmes de part et d'autre de la frontière.

L'élaboration d'une architecture nationale STI pour le Canada devrait commencer par l'examen des enjeux mis en relief dans la présente étude. Les grands enjeux à considérer dans l'élaboration de cette architecture sont : l'adéquation de l'architecture STI américaine à la situation canadienne et les exigences reliées à l'infrastructure STI canadienne sur le plan des institutions et des communications. D'autres facteurs, comme l'exigence de bilinguisme, comptent pour l'architecture canadienne, alors qu'ils ne sont pas considérés comme pertinents aux États-Unis.



## **ANNEXE A** **OUVRAGES DE RÉFÉRENCE SUR LES STI**

Voici la liste des documents pertinents réunis et examinés par les chercheurs de IBI Group.

### **RAPPORTS/DOCUMENTS ÉCRITS**

1. TEA-21: Interim Guidance on Conformity with National Architecture and Standards, December 1998
2. "Proposed Criteria and Draft List of Critical ITS Standards", Federal Highway Administration, December 1998
3. U.S. National ITS Architecture, Version 2.0, [www.odetics.com/itsarch/](http://www.odetics.com/itsarch/)
4. Stratégie pour le développement d'une base industrielle en SIT au Canada, Industrie Canada, décembre 1996
5. Analyse avantages-coûts de la mise en oeuvre de systèmes intelligents de transport (SIT) au Canada : Rapport sommaire, Centre de développement des transports, TP 12936, octobre 1996
6. ITS Communications Infrastructure Implementation Strategy, Final Report, Transport Canada, December 1996
7. Communications Working Group Technical Report on ITS Communications Infrastructure, Final Report, Transport Canada, November 1996
8. North American Intelligent Transportation Special Report, Janes's Information Group, 1996
9. Évaluation des normes et des besoins en matière de communication des SIVR, Transports Canada, 1994
10. Waltho A., Chandan A., "Candidate Communication Architecture for the Development of ITS in Canada", Proceeding of the 1996 Annual Meeting of ITS America, Houston, Texas, April 15-18, 1996
11. Johnson, W., "Intelligent Transportation Systems in Canada: Current Priorities and Future Directions", Proceeding of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems, Yokohama, Japan, 1995
12. National Inventory of IVHS Programs and Related Activities in Canada, Transport Canada, December 1994
13. Ontario ITS Products and Services Inventory Version 1.2, Ontario Ministry of Transportation, May 1998
14. Les transports au Canada : rapport annuel, 1996, Transports Canada, 1996

15. Giezen, J., Blonk, J., Jesty, P., "Reference Models for a Transport Telemetric System Architecture", Proceeding of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems, Yokohama, Japan, 1995
16. "Analysis of MDI Incident Management Message Set for Traffic Management Subsystem to Other Traffic Management Subsystem Communications", [www.its.dot.gov/its-mdi/private/arch-stds/imarch.htm](http://www.its.dot.gov/its-mdi/private/arch-stds/imarch.htm)
17. "Development of Traffic Signal Control Systems Using the National ITS Architecture", U.S. DOT Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, February 1998
18. "Intelligent Transportation Systems (ITS) Opportunity", [www.its.dot.gov/arch/execsum.htm](http://www.its.dot.gov/arch/execsum.htm)
19. "Introduction to the National ITS Architecture and Standards Resource Guide", [www.its.dot.gov/aconform/rg-toc.htm](http://www.its.dot.gov/aconform/rg-toc.htm)
20. "Minutes of the Metropolitan Model Deployment Initiative Participants Workshop", November 18-21, Flushing, N.Y., 1997
21. "National ITS Architecture Team Support for Model Deployment Initiatives", [www.its.dot.gov/its-mdi/public/arch-stds/mdi4pagr.htm](http://www.its.dot.gov/its-mdi/public/arch-stds/mdi4pagr.htm)
22. "Overview of the National Architecture", [www.its.dot.gov/arch/overview.htm](http://www.its.dot.gov/arch/overview.htm)
23. Architecture Development Team, "Standards Requirement Packages Abstract: Information Service Provider to Traffic Management Subsystem and Information Service Provider to Transit Management Subsystem", Federal Highway Administration [www.its.dot.gov/its-mdi/private/arch-stds/stdreqpa/isptmt.htm](http://www.its.dot.gov/its-mdi/private/arch-stds/stdreqpa/isptmt.htm)
24. Developing Freeway and Incident Management Systems Using the National ITS Architecture, U.S. DOT Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, August 1998
25. Developing Intelligent Transportation Systems Using the National ITS Architecture: An Executive Edition for Senior Transportation Managers, U.S. DOT Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, July 1998
26. Developing Traveller Information Systems Using the National ITS Architecture, U.S. DOT Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, August 1998
27. Electronic Toll & Traffic Management (ETTM) User Requirement for Future National Interoperability, Draft Version 3.1a, ETTM User Group, ITS America, June 1995
28. Euler, G., Robertson, H., National ITS Program Plan, Synopsis, First Edition, ITS America, March 1995
29. Euler, G., Robertson, H., National ITS Program Plan, Volume I, First Edition, ITS America, March 1995

30. Euler, G., Robertson, H., National ITS Program Plan, Volume II, First Edition, ITS America, March 1995
31. Ice, R., "Model Deployment Location Referencing: Scope of LRMS Application in the Model Deployments", Draft, Rockwell International, March 1997  
[www.its.dot.gov/its-mdi/private/arch-stds/mdiscope.htm](http://www.its.dot.gov/its-mdi/private/arch-stds/mdiscope.htm)
32. ITS Architecture Development Program Summary Report: Phase I, ITS America, November 1994
33. ITS Deployment Guidance for Transit Systems Executive Edition, Federal Highway Administration, April 1997
34. The National Architecture for ITS: A Framework for Integrated Transportation into the 21<sup>st</sup> Century, US DOT

### **PRÉSENTATIONS**

35. "Dialog on Data 'Requirements'", Volpe Centre
36. "Integration: Concepts and Measures", Volpe Centre
37. "ITS Standards Update", Architecture Development Team, November 19, 1997
38. "San Antonio TransGuide Model Deployment Initiative Status Update, November 19, 1997
39. "Seattle Status Report: Smart Trek", MMDI Quarterly Workshop, Flushing, N.Y., November 18-19, 1997
40. DeBlasio, A., John, A., "Institutional Benefits Study Update: Positive Approaches to MDI Deployment" Volpe National Transportation Systems Centre, MMDI Workshop, November 19, 1997
41. Dellenback, S., "San Antonio TransGuide Model Deployment Initiative Common Software Architectures for ITS Applications", Southwest Research Institute
42. Goodspeed, C., Metropolitan Model Deployment Initiative: Evaluation Progress Report, New York Workshop, November 19-20, 1997
43. Peters, J., "Indicators of Metropolitan ITS Infrastructure Deployment: Comparing Some MMDIs with National Averages", ITS Joint Program Office
44. Sweeney, L., "Marketing ATIS Products and Services: One Private-Sector Perspective: A Pragmatic Approach", ETAK Inc.



**ANNEXE B**  
**APERÇU DES DOCUMENTS SUR L'ARCHITECTURE STI DES ÉTATS-UNIS**

Type	Contenu selon le type de document
Sommaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>Survol des principaux aspects de l'architecture STI nationale</li> </ul>
Document de définition	<ul style="list-style-type: none"> <li>Énoncé de vision – scénarios possibles de développement des STI au cours des 20 prochaines années</li> <li>Énoncé d'objectif – objectif global de la mise en oeuvre de STI, assorti de concepts d'exploitation et des besoins opérationnels</li> <li>Architecture logique – document descriptif et schémas de principe indiquant les processus, les flux de données associés et les éléments de données</li> <li>Architecture physique – schémas de principe montrant le cheminement des données entre les sous-systèmes physiques et document descriptif concernant les caractéristiques et les contraintes de l'acheminement des données</li> <li>Théorie des opérations – comment l'architecture STI appuie les services d'usager STI</li> <li>Matrice de traçabilité – document technique où sont consignés tous les paramètres de service aux usagers qui correspondent au plus haut niveau de spécification fonctionnelle des STI</li> </ul>
Évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Communications – analyse des besoins en matière de communications et des options de mise en oeuvre de divers liens de communications</li> <li>Évaluation de concepts – évaluation de trois variantes de système à différents moments dans le temps, fondée sur la performance, les avantages et les coûts</li> <li>Analyse des coûts – estimation des coûts associés à la mise en oeuvre d'éléments STI et des prix unitaires et globaux des sous-systèmes STI</li> <li>Performance et avantages – étude des performances techniques en regard de critères systémiques et opérationnels</li> <li>Analyse des risques – étude des risques graves susceptibles de retarder ou d'empêcher la mise en oeuvre de technologies STI et de recommandations pour l'atténuation ou l'élimination de ces risques</li> <li>Évaluation des résultats – récapitulatif des diverses évaluations, études et analyses ci-dessus</li> </ul>
Stratégie de mise en oeuvre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Définition des procédés de mise en oeuvre des services STI, y compris des recommandations concernant la recherche-développement à entreprendre, les tests opérationnels, les activités de normalisation et la formation</li> </ul>
Normes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Besoins de normalisation – série de douze documents définissant les besoins de normalisation concernant les flux de données et les interfaces</li> <li>Plan de normalisation – questions liées à la définition des normes d'interfaçage des systèmes</li> </ul>



**ANNEXE C**  
**RÉPERTOIRE D'INITIATIVES STI**

Système	Description	Catégories de services d'usager STI
<b>Colombie-Britannique</b>		
Projet de démonstration de localisation automatique des véhicules (LAV), route 123, Vancouver	Projet de démonstration LAV en temps réel de 12 autobus par GPS différentiel	Gestion des transports publics
Projet de démonstration, commande prioritaire des feux de circulation, route 123, Vancouver	Projet de démonstration concernant la commande prioritaire active et conditionnelle des feux de circulation pour assurer le respect des horaires d'autobus. Ces véhicules portent un transpondeur à infrarouge pour communiquer avec une borne latérale elle-même reliée aux feux de circulation par liaison radio	Gestion des transports publics
Voies à sens interchangeable, tunnel George Massey, Vancouver	Des signaux d'inversion de voie servent à fluidifier la circulation aux heures de pointe dans ce tunnel à quatre voies. Trois voies sont réservées à la circulation prédominante durant les heures de pointe.	Gestion des déplacements et des transports
Voies à sens interchangeable, pont Lions Gate, Vancouver	Des signaux d'inversion de voie servent à fluidifier la circulation aux heures de pointe sur ce pont à trois voies. Deux voies sont réservées à la circulation prédominante durant les heures de pointe.	Gestion des déplacements et des transports
Voie à sens interchangeable, pont Pitt River	Des signaux d'inversion de voie servent à fluidifier la circulation aux heures de pointe sur ce pont à quatre voies. Trois voies sont réservées à la circulation prédominante durant les heures de pointe.	Gestion des déplacements et des transports

Système	Description	Catégories de services d'usager STI
<b>Colombie-Britannique (suite)</b>		
Plaques d'immatriculation électroniques pour véhicules lourds (HELP) et programme Crescent de pesage automatisé entre le Texas et la Colombie-Britannique	Identification et traitement automatiques des véhicules commerciaux pour accélérer les formalités aux postes de contrôle, grâce à la technologie CDCC	Opérations de véhicules commerciaux
<b>Alberta</b>		
Comptage et contrôle automatisés des véhicules et de leur poids total en charge (PTC)	Projet en cours de développement d'un système automatisé de comptage des véhicules commerciaux et de contrôle de leur PTC par pesage statique ou dynamique	Opérations de véhicules commerciaux
Système embarqué d'information routière en bande FM	Projet expérimental d'information routière embarquée en temps réel sur les congestions dues aux intempéries et aux travaux de construction	Gestion des déplacements et des transports
Panneaux à messages variables	Deux panneaux à messages variables d'information routière, d'Edmonton à Calgary, selon les besoins	Gestion des déplacements et des transports
Système de commande prioritaire des feux de circulation pour les trains légers sur rail à Calgary	Commande prioritaire des feux de circulation pour les trains légers sur rail circulant en site partagé	Gestion des transports publics
Système SCOOT de régulation des feux de circulation, Red Deer	Système de régulation adaptative des feux de circulation pour la modification immédiate de la synchronisation des feux en vue d'optimiser l'écoulement de la circulation	Gestion des déplacements et des transports
<b>Manitoba</b>		
Système embarqué d'information routière en bande FM	Information routière embarquée en temps réel sur les congestions dues aux intempéries et aux travaux de construction sur la Transcanadienne, entre Winnipeg et Portage la Prairie	Gestion des déplacements et des transports

Système	Description	Catégories de services d'usager STI
<b>Manitoba (suite)</b>		
Système de gestion du transport terrestre, Aéroport international de Winnipeg	Affectation automatisée des véhicules commerciaux pour la prise en charge des clients devant l'aérogare, grâce à la technologie CDCD	Opérations de véhicules commerciaux
<b>Ontario</b>		
Système de gestion de la circulation autoroutière COMPASS	Gestion de la circulation, des incidents et des urgences sur la route 401 à Toronto (Ontario), la Burlington Skyway et la route Queen Elizabeth au moyen de caméras de télévision en circuit fermé, boucles de détection et panneaux à messages variables	Gestion des déplacements et des transports Gestion des urgences
Système SCOOT de régulation des feux de circulation, Toronto	Système de régulation adaptative des feux de circulation pour la modification immédiate de la synchronisation des feux en vue d'optimiser l'écoulement de la circulation	Gestion des déplacements et des transports
Système RESCU de gestion de la circulation	Gestion de la circulation, information des voyageurs, détection d'incidents et intervention de secours le long du corridor autoroutier Toronto Lakeshore	Gestion de la circulation
Route 407 ETR	Péage électronique automatisé sur 75 km au moyen de transpondeurs et lecteurs de plaques d'immatriculation	Paiement électronique Gestion de la demande de transport
Système de commande prioritaire des feux pour le transport en commun à Toronto	Commande prioritaire des feux sur quatre lignes de tramway et deux lignes d'autobus	Gestion des transports publics
Contrôle automatique des véhicules commerciaux (AVION) en Ontario, Route 401, de Windsor à Whitby	Identification et traitement automatiques des véhicules commerciaux pour accélérer les formalités aux postes de contrôle, grâce à la technologie CDCD	Opérations de véhicules commerciaux

Système	Description	Catégories de services d'usager STI
<b>Ontario (suite)</b>		
Système de gestion du transport terrestre, Aéroport international Lester B. Pearson	Affectation automatisée des véhicules commerciaux pour la prise en charge des clients devant l'aérogare, grâce à la technologie CDCD	Opérations de véhicules commerciaux
Système de communications de la Toronto Transit Commission	Système LAV et de communications avec les tramways et autobus sur l'ensemble du territoire desservi	Gestion des transports publics
Système d'affectation des transports semi-collectifs Trapeze	Confection en temps réel des horaires et itinéraires. Logiciel développé en Ontario	Gestion des transports publics
Système LAV, transports en commun d'Ottawa	À l'étape de l'acquisition d'un système LAV par GPS	Gestion des transports publics
Système LAV, transports en commun de London	À l'étape de l'acquisition d'un système LAV par GPS	Gestion des transports publics
Système d'automatisation des formalités douanières	Systèmes en place au poste frontalier du pont Peace Bridge entre Fort Erie (Ontario) et Buffalo (New-York) et du pont Ambassador Bridge entre Windsor (Ontario) et Detroit (Michigan) pour le préddéouanement des véhicules commerciaux au moyen de transpondeurs	Opérations de véhicules commerciaux
Système avancé d'information routière sur les intempéries	Permet de planifier les travaux de maintenance hivernale grâce à un système de télédétection de l'état de la route et d'observations météo routière	Gestion des déplacements et des transports
Postes de contrôle routier «Smartstations»	Postes de contrôle exploitant des matériels de pesage dynamique routier le long de Trafalgar Road	Opérations de véhicules commerciaux
Cartes à puce Combocard à Ajax et Burlington	Perception du prix des billets d'autobus par cartes à puce	Paiement électronique

Système	Description	Catégories de services d'usager STI
<b>Québec</b>		
Système de gestion de la circulation autoroutière (SGCA) à Montréal	Gestion de la circulation, des incidents et des urgences sur la A-720, A-40, A-25 au moyen de caméras de télévision en circuit fermé, boucles de détection et panneaux à messages variables fixes et mobiles	Gestion des déplacements et des transports Gestion des urgences
Pont-tunnel Louis-Hippolyte Lafontaine	Gestion de la circulation, des incidents et des urgences dans le tunnel sous la Voie maritime du Saint-Laurent et le pont enjambant le bras sud du même fleuve, au moyen de caméras de télévision en circuit fermé et de feux de fermeture de voies	Gestion des déplacements et des transports Gestion des urgences
Tunnel Ville-Marie	Gestion de la circulation, des incidents et des urgences dans le centre-ville de Montréal, au moyen de caméras de télévision en circuit fermé et feux de fermeture des voies	Gestion des déplacements et des transports Gestion des urgences
Système LAV de transports en commun de Hull	À l'étape de l'acquisition d'un système LAV par GPS	Gestion des transports publics
Pont Champlain	Gestion de la circulation au moyen de feux de fermeture/inversion des voies	Gestion des déplacements et des transports
<b>Nouvelle-Écosse</b>		
Route 104 ETC	Tronçon de route de 45 km à Halifax. Péage manuel et électronique (CDCD)	Paiement électronique
Pont Dartmouth Bridge ETC, Halifax	Système de péage électronique fondé sur l'identification automatique des véhicules.	Paiement électronique
Système SCOOT de régulation des feux de circulation, Halifax	Système de régulation adaptative des feux de circulation pour la modification immédiate de la synchronisation des feux en vue d'optimiser l'écoulement de la circulation	Gestion des déplacements et des transports

Système	Description	Catégories de services d'usager STI
<b>Nouveau-Brunswick</b>		
Péage électronique entre Fredericton et Moncton	Guérites de péage manuel équipées pour la perception électronique par transpondeurs	Paiement électronique
Saint John Harbour Bridge ETC	Système de péage électronique fondé sur l'identification automatique des véhicules.	Paiement électronique
<b>Île-du-Prince-Édouard</b>		
Pont de la Confédération entre le Nouveau-Brunswick et l'Île-du-Prince-Édouard	Options de péage : perception manuelle, voies libre-service comptant/carte de crédit/carte de débit. Gestion de la circulation et des incidents au moyen de téléphones d'urgence, surveillance vidéo, panneaux de vitesse permise variable, panneaux à messages variables et instruments d'observation météo routière	Paiement électronique Gestion des déplacements et des transports
<b>Terre-Neuve</b>		
Système LAV, transports en commun de St. John's	À l'étape de l'acquisition d'un système LAV par GPS	Gestion des urgences

**ANNEXE D**  
**ÉTUDE COMPARATIVE COMPASS/ARCHITECTURE STI DES ÉTATS-UNIS**

**TABLE DES MATIÈRES**

1	MÉTHODOLOGIE .....	D-3
2	COMPOSANTS COMMUNS À L'ARCHITECTURE STI DES ÉTATS-UNIS ET À COMPASS .....	D-3
3	COMPOSANTS FONCTIONNELS DU SYSTÈME COMPASS CONFORMES À L'ARCHITECTURE STI DES ÉTATS-UNIS .....	D-4
3.1	Composants fonctionnels à degré élevé de conformité .....	D-5
3.2	Composants de communication à degré élevé de conformité .....	D-7
3.3	Procédures d'évaluation à degré élevé de conformité .....	D-8
4	COMPOSANTS FONCTIONNELS DU SYSTÈME COMPASS NON CONFORMES À L'ARCHITECTURE STI DES ÉTATS-UNIS .....	D-9
4.1	Composants fonctionnels non conformes à l'architecture STI .....	D-9
5	ZONES FLOUES ENTRE LE SYSTÈME COMPASS ET L'ARCHITECTURE STI DES ÉTATS-UNIS .....	D-9
5.1	Composants fonctionnels à degré incertain de conformité .....	D-9
5.2	Composants de communication à degré incertain de conformité .....	D-10
5.3	Procédures d'évaluation à degré incertain de conformité .....	D-11
6	ÉTUDE DES RÉSULTATS ET DES RECOMMANDATIONS .....	D-11



## I MÉTHODOLOGIE

Pour comparer les fonctionnalités du système COMPASS, tel que mis en œuvre par le ministère des Transports de l'Ontario (MTO) avec celles de l'architecture nationale STI des États-Unis, il faut d'abord cerner les composants COMPASS qui ont un écho direct dans les grandes fonctions définies par l'architecture logique et physique du programme STI américain. Une fois définis ces secteurs fonctionnels, il sera possible de faire les comparaisons voulues et d'évaluer la conformité de COMPASS aux fonctionnalités et au schéma de conception de l'architecture STI.

Le travail a donc consisté à comparer l'architecture STI des États-Unis et l'architecture COMPASS, eu égard aux exigences de chacune en matière de fonctionnalités, de communication, d'évaluation et de performance, selon la méthode décrite ci-après.

Les composants de base de l'architecture STI considérés comme pertinents pour le système COMPASS sont les suivants :

- composants fonctionnels;
- composants de communication;
- composants d'évaluation des performances.

L'examen a porté tour à tour sur les composants COMPASS pertinents, c'est-à-dire ceux qui ont un pendant dans l'architecture STI des États-Unis. Le but de cet examen était de déterminer le degré de conformité «architecturale» de fonctions communes aux deux systèmes. Pour cela, les composants fonctionnels de l'architecture logique, physique et d'évaluation de l'architecture nationale STI des États-Unis ont été mis en rapport avec les composants correspondants de l'architecture COMPASS.

## 2 COMPOSANTS COMMUNS À L'ARCHITECTURE STI DES ÉTATS-UNIS ET À COMPASS

Le tableau ci-après énumère les composants de base communs aux deux architectures. Il désigne d'abord la grande fonction logique/physique de l'architecture STI pertinente pour cette application, pour ensuite décrire brièvement le mode de réalisation de la fonction dans COMPASS.

Architecture STI des États-Unis	Architecture COMPASS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Gestion de la circulation.</b> Ce processus comprend toutes les fonctions servant à la gestion du réseau routier, soit la surveillance de la circulation, la régulation de la circulation, la gestion des incidents et la gestion de la demande de transport, de même que toutes les capacités connexes. Parmi les services d'usager couverts par ce secteur fonctionnel, certains recoupent ceux du système COMPASS : <ul style="list-style-type: none"> <li>– régulation de la circulation;</li> <li>– gestion des incidents.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Système avancé de gestion de la circulation (ATMS).</b> Les fonctions COMPASS relevant d'un Système avancé de gestion de la circulation recoupent parfaitement les fonctions de gestion des incidents de l'architecture STI. Voici plus précisément les fonctions COMPASS de type ATMS : <ul style="list-style-type: none"> <li>– centres intégrés de gestion de la circulation autoroutière</li> <li>– régulation du débit de véhicules</li> </ul> </li> </ul>

Architecture STI des États-Unis	Architecture COMPASS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Services aux conducteurs et aux voyageurs.</b> Ce processus comprend la planification de déplacements multimodaux, le guidage routier et l'information routière pour tous les types de voyageurs et de conducteurs. Il comporte en outre les fonctions Pages jaunes, appel de détresse et notification. La fonction planification des déplacements multimodaux englobe le covoiturage. Voici les sous-fonctions de ce secteur qui trouvent un pendant dans le projet COMPASS : <ul style="list-style-type: none"> <li>– information pré-déplacement;</li> <li>– information embarquée;</li> <li>– réservations;</li> <li>– information sur les services aux voyageurs.</li> </ul> </li> <li>• <b>Planification du déploiement et de la mise en œuvre du système.</b> Ce processus consiste à analyser les performances à long terme du système afin d'y apporter les modifications permanentes nécessaires pour en optimiser le fonctionnement. Ces fonctions ne sont pas directement reliées aux services d'usager mais en sont plutôt complémentaires. Ainsi, les données sur les modifications du réseau routier, générées par ce processus, peuvent être transmises aux fonctions de gestion de la circulation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Système COMPASS – Systèmes d'information routière.</b> Le projet COMPASS donne aux voyageurs accès à des systèmes d'information qui constituent un sous-ensemble des services aux voyageurs de l'architecture STI. Ce sont : <ul style="list-style-type: none"> <li>– des procédures de communication de l'information aux médias;</li> <li>– des services de télécopie et de radiomessagerie;</li> <li>– un service Internet.</li> </ul> </li> <li>• <b>Systèmes de gestion du système COMPASS.</b> Le projet COMPASS englobe une série d'applications articulées sur des systèmes de gestion équivalents aux processus de déploiement et de mise en œuvre. Voici quelques-uns de ces systèmes : <ul style="list-style-type: none"> <li>– système d'évaluation des performances;</li> <li>– procédures formelles d'échange d'information;</li> <li>– coordination des dispositions touchant l'infrastructure du système.</li> </ul> </li> </ul>

### 3 COMPOSANTS FONCTIONNELS DU SYSTÈME COMPASS CONFORMES À L'ARCHITECTURE STI DES ÉTATS-UNIS

Les tableaux ci-après établissent les correspondances entre les composants fonctionnels, de communication, de performance, et d'évaluation du système COMPASS et de l'architecture nationale STI des États-Unis.

### 3.1 Composants fonctionnels à degré élevé de conformité

Composants fonctionnels COMPASS	Composants fonctionnels de l'architecture STI
<p><b>Coordination de la signalisation</b> Coordonne la signalisation sur les principales artères du corridor (Burlington Skyway).</p>	<p><b>Gestion de la circulation – Signalisation</b> La gestion de la circulation est assurée par la commande des feux de circulation aux carrefours, aux passages piétonniers, aux passages à niveau, des panneaux à messages variables et de la signalisation à l'entrée des bretelles d'autoroutes et des terrains de stationnement.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• traitement des données de circulation;</li> <li>• mise en oeuvre d'une stratégie;</li> <li>• sortie de données de contrôle.</li> </ul>
<p><b>Régulation adaptative locale (microrégulation) des accès</b> Plutôt que de varier à heures fixes, les cycles de fonctionnement des feux de circulation installés à l'entrée des bretelles d'accès sont modulés en fonction des informations sur les volumes de trafic et le nombre de véhicules colligées par les détecteurs de trafic implantés sur les sections courantes de l'autoroute.</p>	<p><b>Gestion de la circulation – Signalisation</b> Les stratégies de gestion de la circulation assurent une coordination des feux de circulation implantés aux bretelles d'accès, d'après des algorithmes utilisant des données en temps réel, des données historiques ou une régulation locale par l'équipement en bordure de voie.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• traitement des données colligées par les détecteurs de trafic;</li> <li>• choix d'une stratégie;</li> <li>• mise en oeuvre de la stratégie;</li> <li>• sortie de données de contrôle.</li> </ul>
<p><b>Détournement du trafic en cas d'incident</b> Les cycles de fonctionnement des feux de circulation sont coordonnés de façon à optimiser l'écoulement du trafic et prévenir les encombrements en cas d'incident. Ces cycles sont établis manuellement ou par la commutation automatique en mode de régulation adaptative lorsque survient un incident.</p>	<p><b>Gestion de la circulation – Gestion des incidents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• en cas d'incident, une stratégie prédéterminée est automatiquement mise en oeuvre pour atténuer les effets de celui-ci;</li> <li>• les critères de mise en oeuvre des stratégies prédéterminées peuvent être établis à l'avance par le personnel affecté à la gestion de la circulation, compte tenu des lignes directrices fixées par les autorités compétentes;</li> <li>• les données concernant les incidents et leurs effets sont incorporées au modèle prédictif de trafic de même qu'aux critères utilisés pour le choix des itinéraires de recharge.</li> </ul>

Composants fonctionnels COMPASS	Composants fonctionnels de l'architecture STI
<p><b>Site Internet</b> Un site Web affiche l'état de la circulation sur l'autoroute concernée, des images, un calendrier des événements à venir, etc.</p>	<p><b>Gestion de la circulation – Gestion de l'information aux voyageurs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les voyageurs peuvent planifier leurs déplacements et obtenir des renseignements sur l'état de la circulation, les transports en commun et les services des Pages jaunes;</li> <li>un même déplacement peut faire appel à des modes de transport spécialisés, comme le transport semi-collectif et le covoiturage;</li> <li>mise en place de postes d'information en bordure de la route à proximité de zones très fréquentées (centres commerciaux, etc.);</li> <li>fourniture d'une interface voyageur (6.3.3) : ce processus convertit toutes les entrées audio et analogiques en données numériques. Les données de sortie sont à leur tour converties en affichages sur des écrans, en signaux audio et en imprimés.</li> </ul>
<p><b>Procédures de communication de l'information aux médias</b> Modalités de communication rapide et contrôlée d'une information exacte sur l'état de la circulation aux médias électroniques.</p>	<p><b>Gestion de la circulation – Services aux conducteurs et aux voyageurs – Gestion de l'information aux voyageurs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les voyageurs peuvent planifier leurs déplacements et obtenir de l'information sur l'état de la circulation, le transport en commun et les services des Pages jaunes;</li> <li>ils n'ont pas besoin, pour obtenir ces renseignements, de planifier un déplacement ou de faire des réservations.</li> </ul>
<p><b>Base de données en temps réel sur l'état de la circulation</b> Base de données dynamique dans laquelle sont versées les données en temps réel colligées automatiquement par les systèmes de surveillance bordant l'autoroute.</p>	<p><b>Gestion de la circulation – Surveillance du trafic</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>collecte, diffusion et stockage des données concernant la circulation générées par le passage de véhicules et de piétons sur le réseau routier couvert par le centre de gestion de la circulation;</li> <li>les données recueillies sont enregistrées à court terme ou archivées pour des périodes pouvant atteindre quelques mois, voire des années;</li> <li>les données archivées, ainsi que toute information pertinente provenant des usagers et des centres de gestion de la circulation sont traitées par des algorithmes pour produire des modèles prédictifs de l'état de la circulation;</li> <li>ces données sont également accessibles au personnel affecté à la gestion de la circulation</li> </ul>

Composants fonctionnels COMPASS	Composants fonctionnels de l'architecture STI et aux médias.
<p><b>Méthodes formelles de gestion des incidents</b> Procédures pour coordonner de l'intervention des services concernés en cas d'incident.</p>	<p><b>Gestion de la circulation – Gestion des incidents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les détails concernant l'endroit de l'incident, sa portée, l'heure où il est survenu, sa durée et ses effets sur la circulation peuvent être communiqués par les services d'intervention, l'exploitant du service de transport, les responsables d'événements et le personnel effectuant des travaux de construction et de réparation sur la route;</li> <li>le personnel affecté à la gestion de la circulation peut mettre à jour la base de données sur les incidents d'après l'information reçue;</li> <li>les stratégies à mettre en oeuvre lorsque survient un incident peuvent être établies à l'avance par le personnel affecté à la gestion de la circulation d'après les lignes directrices fixées par les autorités compétentes.</li> </ul>

### 3.2 Composants de communication à degré élevé de conformité

Composants de communication COMPASS	Composants de communication de l'architecture STI
<p><b>Réseau longue portée</b> Réseau longue portée reliant tous les centres de contrôle de la circulation et les centres régionaux de gestion de la circulation, aux fins de la transmission en temps réel de données, de la parole et d'images.</p>	<p><b>Architecture physique STI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>définit les exigences relatives à un réseau de liaisons longue portée;</li> <li>définit les exigences relatives à l'interconnexion des centres de gestion de la circulation;</li> <li>définit les exigences relatives à l'interconnexion des centres de surveillance de la circulation;</li> <li>définit les exigences relatives à la transmission en temps réel de données, de la parole et d'images.</li> </ul>
<p><b>Fiabilité</b> Une grande fiabilité, une redondance intégrée et une technologie éprouvée en clientèle sont des exigences essentielles pour le réseau devant relier les éléments d'un système COMPASS.</p>	<p><b>Architecture logique STI – Normes de performances</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>définit les exigences en matière de fiabilité et de redondance.</li> </ul>

### 3.3 Procédures d'évaluation à degré élevé de conformité

Composants d'évaluation COMPASS	Composants d'évaluation de l'architecture STI
<p><b>Coût initial (secteur public)</b> Il s'agit des coûts en capital des composants du système, soit les coûts d'achat et d'installation du matériel et de développement des logiciels. Ce sont des coûts non récurrents.</p>	<p><b>Plan d'évaluation de l'architecture</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• méthode;</li> <li>• démarche d'évaluation détaillée;</li> <li>• plan d'analyse des coûts;</li> <li>• évaluation des aspects non techniques;</li> <li>• modélisation de la circulation;</li> <li>• modélisation des communications.</li> </ul>
<p><b>Coûts récurrents (secteur public)</b> Il s'agit des coûts d'exploitation et d'entretien des composants, soit les coûts de main-d'oeuvre, de téléphone, de location de matériel, de remplacement de pièces et d'autres coûts récurrents.</p>	<p><b>Plan d'évaluation de l'architecture</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• méthode;</li> <li>• démarche d'évaluation détaillée;</li> <li>• plan d'analyse des coûts;</li> <li>• évaluation des aspects non techniques;</li> <li>• modélisation de la circulation;</li> <li>• modélisation des communications.</li> </ul>
<p><b>Maximiser le débit de voyageurs</b> Dans quelle mesure l'application évaluée contribue-t-elle à accroître le débit de voyageurs à un endroit donné?</p>	<p><b>Plan d'évaluation de l'architecture</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• méthode;</li> <li>• démarche d'évaluation détaillée;</li> <li>• plan d'analyse des coûts;</li> <li>• évaluation des aspects non techniques;</li> <li>• modélisation de la circulation;</li> <li>• modélisation des communications.</li> </ul>
<p><b>Contribution à l'assainissement de l'air</b> Dans quelle mesure l'application évaluée contribue-t-elle à améliorer la qualité de l'air en réduisant le nombre des arrêts/départs et en facilitant l'écoulement la circulation? Dans quelle mesure est-elle bénéfique, globalement, pour l'environnement?</p>	<p><b>Plan d'évaluation de l'architecture</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• méthode;</li> <li>• démarche d'évaluation détaillée;</li> <li>• plan d'analyse des coûts;</li> <li>• évaluation des aspects non techniques;</li> <li>• modélisation de la circulation;</li> <li>• modélisation des communications.</li> </ul>
<p><b>Contribution à la sécurité</b> Il s'agit de mesurer la contribution de l'application à l'amélioration de la sécurité du transport dans son ensemble.</p>	<p><b>Plan d'évaluation de l'architecture</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• méthode;</li> <li>• démarche d'évaluation détaillée;</li> <li>• plan d'analyse des coûts;</li> <li>• évaluation des aspects non techniques;</li> <li>• modélisation de la circulation;</li> <li>• modélisation des communications.</li> </ul>
<p><b>Occasions de participation du secteur privé</b> Il s'agit d'établir dans quelle mesure l'application se prête à une participation du secteur privé (contribution financière, fourniture de matériel et de technologie, exploitation, etc.).</p>	<p><b>Plan d'évaluation de l'architecture</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• méthode;</li> <li>• démarche d'évaluation détaillée;</li> <li>• plan d'analyse des coûts;</li> <li>• évaluation des aspects non techniques;</li> <li>• modélisation de la circulation;</li> <li>• modélisation des communications.</li> </ul>

#### 4 COMPOSANTS FONCTIONNELS DU SYSTÈME COMPASS NON CONFORMES À L'ARCHITECTURE STI DES ÉTATS-UNIS

Les tableaux ci-après énumèrent les composants fonctionnels de COMPASS qui ne trouvent pas de correspondance dans l'architecture STI.

##### 4.1 Composants fonctionnels non conformes à l'architecture STI

Composants fonctionnels COMPASS	Composants fonctionnels de l'architecture STI
<b>Localisation de véhicules par codes d'identification</b> Lecteurs routiers pour la lecture des codes d'identification aux fins de la perception automatique des péages sur la route 407. Sous réserve de certaines restrictions, ce processus peut servir au pistage de véhicules.	Aucun composant fonctionnel comparable dans l'architecture STI.
<b>Campagne de relations publiques</b> Campagne de relations publiques, y compris des communiqués de presse, pour renseigner le grand public sur le système COMPASS et ses divers composants : objet du système, changements qu'il est susceptible de produire (il peut arriver qu'un usager trouve à certains endroits tout un ensemble de conditions nouvelles), et comment tirer pleinement profit du système, etc.	Aucun composant fonctionnel comparable dans l'architecture STI.

#### 5 ZONES FLOUES ENTRE LE SYSTÈME COMPASS ET L'ARCHITECTURE STI DES ÉTATS-UNIS

Les tableaux ci-après énumèrent les composants fonctionnels de communication, d'évaluation et de performance du système COMPASS ainsi que leurs pendants respectifs dans l'architecture STI. Comme les deux ensembles ne coïncident pas parfaitement, une clarification s'impose.

##### 5.1 Composants fonctionnels à degré incertain de conformité

Composants fonctionnels COMPASS	Composants fonctionnels de l'architecture STI
<b>Couloirs réservés aux véhicules à taux d'occupation élevé aux bretelles d'accès à débit contrôlé</b> Couloirs réservés pour les véhicules à taux d'occupation élevé aux futures bretelles d'accès à débit contrôlé.	<b>Gestion de la circulation – Signalisation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>des stratégies existent pour donner la priorité aux véhicules d'urgence, véhicules à taux d'occupation élevé (HOV) et autres véhicules de transport en commun; celles-ci sont conçues pour supplanter toutes les autres stratégies;</li> <li>des stratégies existent également pour coordonner les messages diffusés par le truchement des PMV, de façon à détourner les automobilistes des zones de congestion et à les orienter vers les terrains de stationnement où il reste des places.</li> </ul>

Composants fonctionnels COMPASS	Composants fonctionnels de l'architecture STI
<b>Équipe de gestion des incidents</b> Au moins une équipe chargée d'intervenir rapidement en cas d'incident.	Aucun composant fonctionnel directement comparable dans l'architecture STI.
<b>Système d'évaluation des performances</b> Système pour surveiller la performance du corridor et produire des rapports périodiques à l'intention des organismes concernés. Le système peut utiliser des données recueillies automatiquement et manuellement.	<b>2.1.3.6 Gestion de la circulation – Gestion de l'information</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>le système doit permettre la collecte temps réel de données autres que les données courantes de surveillance de la circulation et les paramètres de contrôle;</li> <li>gestion des incidents :               <ul style="list-style-type: none"> <li>information de surveillance. Le système doit avoir un accès temps réel aux données courantes de surveillance.</li> </ul> </li> </ul>

## 5.2 Composants de communication à degré incertain de conformité

Composants fonctionnels COMPASS	Composants fonctionnels de l'architecture STI
<b>Réseau local à l'intérieur de chaque instance administrative</b> Avec la mise au point d'une interface type, on pourra interconnecter les réseaux locaux et les réseaux longue portée.	<b>Architecture physique STI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>définit les besoins de réseaux locaux à chaque palier de contrôle.</li> </ul>
<b>Système de communication implanté dans l'infrastructure</b> Le système COMPASS comprend un réseau de fibres optiques dédié pour la transmission des signaux vidéo en circuit fermé ainsi que des données et autres types d'information occupant une grande largeur de bande.	<b>Architecture physique STI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>permet à la fois les systèmes de communications implantés dans l'infrastructure et les réseaux de communication répartis.</li> </ul>
<b>Utilisation des réseaux publics commutés</b> COMPASS utilise un réseau public commuté pour certaines connexions locales. Ces réseaux commutés constituent une solution commode, en raison de la grande dispersion géographique des organismes concernés par le système.	<b>Architecture physique STI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>l'architecture physique permet le raccordement aux réseaux publics commutés.</li> </ul>
<b>Normes de performance du réseau</b> Doit comporter des interfaces et protocoles réseau standard.	<b>Normes de performance STI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>transmet dans les largeurs de bande DS1 et DS4;</li> <li>capacité de transmission 7 jours sur 7, 24 heures par jour.</li> </ul>

Composants fonctionnels COMPASS	Composants fonctionnels de l'architecture STI
<p><b>Souplesse du réseau</b> L'architecture de réseau du système COMPASS doit pouvoir communiquer avec tous les systèmes existants et satisfaire à leurs besoins de communication; elle doit en outre se prêter facilement à une expansion future devant répondre à l'émergence de nouveaux besoins.</p>	<p><b>Architecture logique/architecture physique STI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>polyvalence en ce qui a trait aux architectures réseau nécessaires pour permettre une expansion future.</li> </ul>

### 5.3 Procédures d'évaluation à degré incertain de conformité

Composants d'évaluation de COMPASS	Composants d'évaluation de l'architecture STI
<p><b>Contribution à la diminution des congestions récurrentes</b> Mesure de la capacité de l'application à réduire les congestions récurrentes, c.-à-d. qui se produisent régulièrement au même endroit.</p>	<p><b>Plan d'évaluation de l'architecture</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>méthode;</li> <li>démarche d'évaluation détaillée;</li> <li>plan d'analyse des coûts;</li> <li>évaluation des aspects non techniques;</li> <li>modélisation de la circulation;</li> <li>modélisation des communications.</li> </ul>
<p><b>Contribution à la diminution des congestions dues aux incidents</b> Mesure de la capacité de l'application à réduire les congestions causées par les incidents.</p>	<p><b>Plan d'évaluation de l'architecture</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>méthode;</li> <li>démarche d'évaluation détaillée;</li> <li>plan d'analyse des coûts;</li> <li>évaluation des aspects non techniques;</li> <li>modélisation de la circulation;</li> <li>modélisation des communications.</li> </ul>

## 6 ÉTUDE DES RÉSULTATS ET DES RECOMMANDATIONS

Le fait de décomposer l'architecture nationale STI des États-Unis en composants, ou entités, fonctionnels de communication, d'évaluation et de performance a permis de comparer cette architecture à celle du système COMPASS. Voici les résultats auxquels a mené cette comparaison :

- la plupart des composants fonctionnels du système COMPASS se comparent favorablement aux composants fonctionnels de l'architecture STI;
- certains composants de l'architecture de communication de COMPASS recourent parfaitement l'architecture STI, tandis que d'autres ne trouvent aucun pendant dans l'architecture américaine. Il s'ensuit un ensemble de composants dont on ne peut évaluer la conformité à l'architecture nationale;
- pour ce qui est des fonctions d'évaluation, il a été constaté que les critères d'évaluation de l'architecture nationale des États-Unis englobent toutes les fonctions spécifiques du système COMPASS;
- enfin, voici quelques fonctions absentes de l'architecture STI :
  - l'architecture STI ne comporte pas d'application de pistage des véhicules, par quelque technique que ce soit; or, il s'agit là d'un composant de l'architecture COMPASS;
  - l'architecture STI n'aborde pas de façon précise les enjeux institutionnels reliés à la conclusion d'accords et à l'échange d'information, formalités courantes lors de projets comme COMPASS;

- il semble que l'architecture STI ne fait que survoler l'aspect opérationnel de la gestion de la circulation : le niveau de détail est donc insuffisant pour guider l'énoncé d'exigences touchant le personnel affecté à la gestion de la circulation, etc.;
- l'architecture STI n'exige pas de campagne de relations publiques;
- l'architecture STI ne comporte aucun processus expressément conçu pour l'interfaçage avec des systèmes semblables existants.

L'évaluation comparative a permis de constater qu'une série de fonctions COMPASS n'ont pas de pendant exact dans l'architecture STI, d'où une incertitude quant à la compatibilité des deux systèmes. Voici quelques-unes de ces fonctions à correspondance imprécise :

- l'architecture de communication STI reste muette sur certaines questions précises de mise en oeuvre, comme la mise sur pied de réseaux locaux au sein de chaque instance administrative;
- l'architecture physique STI n'établit aucune exigence particulière en matière de répartition des données;
- l'architecture physique STI ne précise aucun paramètre de réseau, comme le font normalement les systèmes STI de type COMPASS.

Après examen de ce qui précède, il appert qu'une évaluation comparative des composants fonctionnels d'un projet STI quelconque en regard de l'architecture nationale STI des États-Unis suppose une étude approfondie qui dépassait la portée de la présente recherche.

## ANNEXE E

### APERÇU DE BLUETOOTH

#### 1 DESCRIPTION GÉNÉRALE

Bluetooth est une liaison radio à courte portée conçue pour remplacer un câble entre des dispositifs électroniques portatifs et/ou fixes. Ses principales caractéristiques sont sa robustesse, sa faible complexité, sa faible consommation d'énergie et son coût modique.

Bluetooth travaille à 2,4 GHz dans la bande sans licence ISM. Un émetteur-récepteur à sauts de fréquence est utilisé pour combattre les brouillages et les évanouissements. Bluetooth utilise la modulation de fréquence (FM) binaire avec mise en forme pour réduire au minimum la complexité de l'émetteur-récepteur. Le débit de données brut est de 1 Mb/s. Il utilise de plus un canal découpé en tranches de temps d'une durée nominale de 625 ms. Il utilise finalement le multiplexage temporel pour les transmissions du Duplex.

Le protocole Bluetooth est une combinaison des commutations de circuits et de paquets. Les tranches de temps peuvent être réservées aux paquets synchrones. Chaque paquet est transmis à une fréquence différente. Un paquet ne couvre nominalement qu'une seule tranche de temps, mais peut être étendu pour couvrir jusqu'à cinq tranches de temps. Bluetooth peut prendre en charge un canal de transmission de données asynchrones, jusqu'à trois canaux téléphoniques synchrones simultanément, ou un canal de transmission simultané de données asynchrones et de signaux vocaux synchrones. Chaque canal vocal transmet des signaux (voaux) synchrones à 64 kb/s. Le canal asynchrone a un débit maximum de 721 kb/s en semi-duplex (et un débit maximum de 57,6 kb/s sur la voie de retour), ou de 432,6 kb/s en duplex.

Le système Bluetooth est constitué d'une unité radio, d'une unité de contrôle de la liaison et d'une unité de soutien pour les fonctions de gestion de la liaison et d'interfaçage avec le terminal hôte.

Il fournit une connexion point à point (reliant deux unités Bluetooth seulement), ou une connexion point à multipoint. Dans ce dernier cas, le canal est partagé entre plusieurs unités Bluetooth. Ce type de canal est appelé pico réseau. L'une des unités Bluetooth est la maîtresse du pico réseau et les autres en sont les esclaves. Le pico réseau peut prendre en charge jusqu'à sept unités esclaves. L'accès au canal est contrôlé par l'unité maîtresse.

#### 2 CANAL PHYSIQUE

##### 2.1 Bande de fréquences et canaux RF

Bluetooth travaille à 2,4 GHz dans la bande ISM. Bien que celle-ci soit disponible mondialement, son emplacement exact et sa largeur peuvent varier d'un pays à l'autre. Aux États-Unis et en Europe, la largeur est de 83,5 MHz; la bande contient 79 canaux RF espacés de 1 MHz. Au Japon, en Espagne et en France, la bande est moins large; elle contient 23 canaux RF espacés de 1 MHz. Des efforts sont présentement déployés pour consolider la bande à son de fréquence à l'échelle mondiale.

##### 2.2 Définition des canaux

Le canal utilise une séquence de saut aléatoire entre ces 79 ou 23 canaux RF. La séquence de saut est particulière au pico réseau et est déterminée par l'identité de l'unité maîtresse. Le canal est divisé en

tranches de temps, chaque tranche correspondant à un saut. Les sauts consécutifs correspondent à des canaux RF différents. La fréquence de saut nominale est de 1 600 sauts/s. Les sauts de toutes les unités Bluetooth faisant partie du pico réseau sont synchronisés avec le canal.

Pays	Gamme de fréquences	Canaux RF
Europe* et É.-U., * sauf l'Espagne et la France	2 400-2 483,5 MHz	$f = 2 402 + k \text{ MHz}$ $k = 0, \dots, 78^*$ .
Japon	2 471-2 497 MHz	$f = 2 473 + k \text{ MHz}$ $k = 0, \dots, 22$
Espagne	2 445-2 475 MHz	$f = 2 449 + k \text{ MHz}$ $k = 0, \dots, 22$
France	2 446,5-2 483,5 MHz	$f = 2 454 + k \text{ MHz}$ $k = 0, \dots, 22$

### 2.3 Tranches de temps

Le canal est divisé en tranches de temps d'une durée de 625 ms chacune. Ces tranches de temps sont numérotées d'après l'horloge Bluetooth de l'unité maîtresse du pico réseau. Les numéros vont de 0 à 227 - 1; la numérotation est cyclique, la longueur d'un cycle étant de 227 unités. L'unité maîtresse et les unités esclaves peuvent transmettre des paquets dans des tranches de temps. Le début d'un paquet est aligné avec le début de la tranche de temps. Les paquets transmis par l'unité maîtresse ou une unité esclave peuvent couvrir jusqu'à cinq tranches de temps. Quand un paquet occupe plus d'une tranche de temps, la fréquence reste la même pendant toute la durée du paquet; cette fréquence est celle qui était utilisée dans la tranche de temps dans laquelle la transmission du paquet a débuté. Le système utilise un mode de transmission duplex à multiplexage temporel dans lequel les unités maîtresse et esclave transmettent en alternance. L'unité maîtresse commence sa transmission dans les tranches de temps paires et l'unité esclave commence la sienne dans les tranches de temps impaires seulement.

### 2.4 Modulation et débit binaire

Les données sont transmises à un débit binaire brut de 1 KMb/s. On utilise une modulation par déplacement de fréquence binaire gaussien avec un produit BT de 0,5. Le BIT 1 est représenté par une déviation de fréquence positive et le bit 0 par une déviation de fréquence négative. La déviation de fréquence maximale se situera entre 140 kHz et 175 kHz.

### 2.5 Modes à séquence directe

Quand les unités Bluetooth sont en mode de radio messagerie ou d'interrogation, l'opération peut être considérée comme un étalement SF-SD hybride. Dans ce document, on décrit le gain d'étalement obtenu dans la composante SD. L'étalement SD et son gain de traitement sont définis comme suit dans les règlements de la FCC :

*«L'information à transmettre est modulée sur une porteuse par une méthode courante, par exemple la modulation d'amplitude, la modulation de fréquence ou la modulation numérique, et la largeur de bande du signal est intentionnellement augmentée au moyen d'une fonction d'étalement.»*

Le système Bluetooth utilise la modulation de fréquence. Durant la transmission du code d'accès, la largeur de bande du signal est augmentée par la séquence du code d'accès. L'information transmise est

considérée par la présence ou l'absence du code d'accès. Si celui-ci était transmis de façon continue, ce qui produirait un bit d'information à intervalles de 68 ms pour chaque code d'accès transmis, on tiendrait un débit de transmission d'information de 14,7 kb/s. Par contraste, l'accès élargit intentionnellement le spectre avec un débit d'un million d'éléments par seconde.

*«Les systèmes à séquence direct module la porteuse avec un signal d'information combiné à un signal de code binaire à débit binaire beaucoup plus élevé. Le signal de code binaire est typiquement constitué d'une séquence pseudo-aléatoire de bit de longueur fixe. Il domine la fonction de modulation et cause directement l'étalement du signal transmis.»*

Dans le système Bluetooth, le signal d'information est le signal de commande qui indique s'il faut transmettre le code d'accès; le code binaire qui étale le signal est représenté par le code d'accès lui-même. Tel que démontré précédemment, l'étalement se fait à un débit égal à 68 fois le débit de transmission de l'information.

*«Un système à étalement du spectre est un système dans lequel la porteuse a été modulée par un code d'étalement à débit de transmission élevé et par un train de donnée d'information. La séquence de code à débit élevé domine la 'fonction de modulation' et cause directement le grand étalement du signal transmis.»*

Ici également on peut affirmer que, dans le système Bluetooth, la fonction de modulation est la séquence du code d'accès qui étale le spectre. La cause de l'étalement n'est pas la modulation de fréquence, mais bien le code d'accès binaire.

Les données binaires sont transmises à un débit de 1 Mb/s à un filtre de mise en forme à caractéristique gaussienne et un produit BT de 0,5. Le signal de mise en forme est ensuite transmis à un modulateur FM ayant un indice de modulation situé entre 0,28 et 0,35. La modulation est appliquée directement à l'oscillateur local. On peut toutefois envisager d'autres concrétisations offrant la même fonction de modulation. Le signal de sortie de l'oscillateur local peut être transmis à un amplificateur de puissance avant que le signal RF soit transmis par l'antenne. Le spectre du signal RF (pour  $h = 0,35$ ) est un spectre symétrique (bilatéral) à largeur de bande de 1 MHz à -20dB.